UNA DINTRE CELE MAI BUNE CĂRȚI ALE ANULUI 2018.
— FORBES, THE GUARDIAN, WIRED —

STEPHEN HAWKING

RĂSPUNSURI SCURTE LA MARILE ÎNTREBĂRI

HUMANITAS

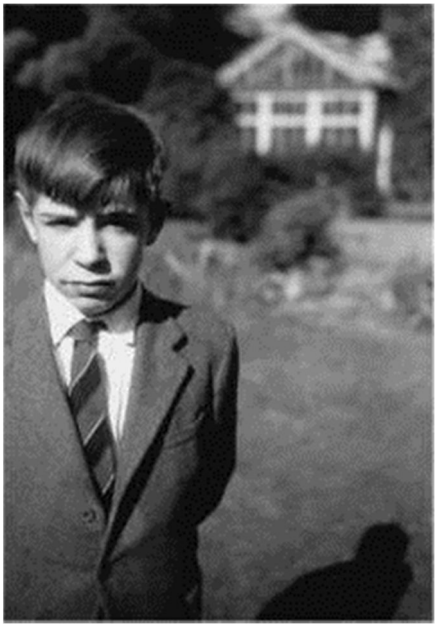
Stephen Hawking

Răspunsuri scurte la marile întrebări

Stephen W. Hawking s-a născut pe 8 ianuarie 1942, exact în ziua când se împlineau trei sute de ani de la moartea lui Galileo Galilei. După studii la Oxford şi un doctorat susţinut la Cambridge, Hawking devine titularul Catedrei de matematică de la Cambridge, catedră în fruntea căreia s-a aflat, cu trei secole în urmă, Isaac Newton. Împreună cu Roger Penrose a elaborat teoria asupra găurilor negre şi a demonstrat că, în conformitate cu relativitatea generală, spaţiul şi timpul trebuie să fi avut un început în marea explozie (big bang). În ciuda unei boli care l-a ţintuit în scaunul cu rotile, Hawking şi-a continuat cercetările, aflându-se în prima linie a fizicienilor care caută o teorie unificatoare ce ar explica întregul univers. Pe de altă parte, a publicat lucrări destinate publicului larg, în care a

oferit o imagine intuitivă asupra cercetărilor de vârf din fizica fundamentală. Este, probabil, cel mai cunoscut fizician de la Einstein încoace. A încetat din viaţă pe 14 martie 2018.

La Editura Humanitas au apărut: *Scurtă istorie a timpului* (1994), *Visul lui Einstein şi alte eseuri* (1997), *Universul într-o coajă de nucă* (2004), (împreună cu Léonard Mlodinow) *O mai scurtă istorie a timpului* (2007) şi *Marele plan* (2012), *Teoria universală: Originea şi soarta universului* (2014), *Găurile negre* (2019), *Răspunsuri scurte la marile întrebări* (2021); (împreună cu Lucy Hawking) *George şi cheia secretă a universului* (2009), *George în căutare de comori prin Cosmos* (2010), *George şi Big Bangul (2012), George şi codul indescifrabil* (2016), *George şi Luna albastră* (2017), *Descifrarea universului* (2020). Biografia sa este relatată în *Scurtă istorie a vieţii mele* (2015), precum şi în cartea lui Jane Hawking *Dragostea are 11 dimensiuni: Viaţa mea cu Stephen Hawking* (trad. Rom. Humanitas, 2013).



Nota editorului

Lui Stephen Hawking i s-a cerut în repetate rânduri opinia asupra „marilor întrebări“ ale momentului de către oameni de ştiinţă, antreprenori din domeniul tehnic, personalităţi importante din domeniul afacerilor, lideri politici şi publicul larg. Stephen a păstrat o arhivă personală uriaşă a răspunsurilor sale din cadrul conferinţelor, interviurilor şi eseurilor.

Cartea de faţă provine din această arhivă personală şi se afla în lucru la momentul morţii autorului. A fost finalizată în colaborare cu colegii universitari, familia şi Stephen Hawking Estate.

Un procent din drepturile de autor va fi donat în scop

caritabil.

Cuvânt înainte
de Eddie Redmayne

Prima dată când l-am întâlnit pe Stephen Hawking m-a uimit cât era de puternic şi de vulnerabil în acelaşi timp. Îmi era bine cunoscută acea combinaţie dintre privirea hotărâtă şi un corp imobil, fiindcă îl studiasem deja – de curând primisem rolul lui Stephen în *The Theory of Everything* şi mi-am petrecut câteva luni studiindu-i munca şi dizabilitatea, străduindu-mă să înţeleg cum mi-aş putea folosi corpul pentru a descrie transformările pe care le aduce în timp boala neuronului motor.

Cu toate astea, când am ajuns să-l întâlnesc pe Stephen, legenda, savantul cu un talent absolut fenomenal, care comunica printr-o voce computerizată şi cu ajutorul sprâncenelor grozav de expresive, am simţit că îmi fuge pământul de sub picioare. De obicei, devin nervos în momentele de tăcere şi vorbesc prea mult, dar Stephen înţelegea perfect tăcerea şi sentimentul pe care îl ai atunci când eşti analizat din cap până-n picioare. Emoţionat, am preferat să-i vorbesc despre faptul că zilele noastre de naştere sunt apropiate, deci suntem aceeaşi zodie. După câteva

minute, Stephen mi-a răspuns: „Eu sunt astronom. Nu astrolog”. De asemenea, a insistat să îi spun Stephen şi să nu mă mai adresez cu „domnule profesor”. Am fost avertizat...

Să joc rolul lui Stephen a fost o şansă extraordinară. Rolul m-a atras datorită dualităţii lui: succesul lui Stephen în munca depusă în folosul ştiinţei şi lupta dusă împotriva bolii neuronului motor de când avea douăzeci de ani. Povestea lui unică, complexă şi bogată este legată de supravieţuire, viaţa de familie, rezultatele academice extraordinare şi sfidarea tuturor obstacolelor. Ne doream să îl înfăţişăm nu doar ca pe o sursă de inspiraţie, ci, de asemenea, să dezvăluim reziliența şi curajul prezente de-a lungul întregii lui vieţi, dovedite atât de Stephen, cât şi de cei ce l-au iubit.

Dar a fost la fel de important să arătăm încă o latură a lui Stephen, aceea de showman. Am avut în minte trei imagini pe care le-am folosit ca repere. Prima este imaginea lui Einstein cu limba scoasă, pentru că regăsesc şi la Hawking acelaşi spirit jucăuş. Cea de-a doua este a jokerului păpuşar dintr-un pachet de cărţi, fiindcă Stephen părea să ţină toată lumea la degetul mic. În sfârşit, cea de-a treia a fost imaginea lui James Dean. Din ea am câştigat strălucirea şi simţul umorului.

Cea mai mare presiune în a juca rolul cuiva care este încă în viaţă e că va trebui să dai socoteală pentru

prestaţia ta celui pe care l-ai întruchipat. În cazul lui Stephen, trebuia să aduc lămuriri şi familiei lui, care mi-a arătat foarte multă bunăvoinţă cât timp mi-am pregătit rolul. Înainte să intre la vizionarea filmului, Stephen mi-a zis: „O să-ţi spun părerea mea. Fie că e bun. Fie că nu". I-am zis că, dacă răspunsul va fi „nu", să spună doar „nu" şi să mă scutească de detaliile care m-ar face praf. Cu generozitate, Stephen mi-a spus că i-a plăcut filmul. L-a emoţionat şi a zis doar că, după gusturile lui, a fost prea puţin despre fizică şi prea mult despre sentimente. Ceea ce e imposibil de contrazis.

De la *The Theory of Everything,* am păstrat legătura cu familia Hawking. Am fost emoţionat când mi s-a cerut să rostesc câteva cuvinte la funeraliile lui Stephen. A fost o zi cumplit de tristă, dar şi splendidă în acelaşi timp, plină de iubire, amintiri frumoase şi gânduri îndreptate către cel mai curajos dintre oameni, cel ce a călăuzit lumea atât în domeniul ştiinţei, cât şi în direcţia recunoaşterii problemelor oamenilor cu dizabilităţi, care merită să le fie acordată şansa de a reuşi în viaţă.

Am pierdut o minte cu adevărat frumoasă, un om de ştiinţă uimitor şi, totodată, cel mai amuzant om pe care am avut plăcerea să-l întâlnesc. Dar, aşa cum a transmis familia lui Stephen la momentul morţii sale, activitatea şi moştenirea sa vor dăinui în continuare, şi de aceea,

cu tristeţe, însă şi cu multă plăcere, vă invit să citiţi această colecţie de eseuri ale lui Stephen pe teme diverse şi fascinante. Sper să vă bucuraţi de lucrările lui şi, ca să-l citez pe Barack Obama, sper că Stephen se distrează de minune acolo, printre stele.

Cu drag,
Eddie

Introducere
de Kip S. Thorne

Prima dată l-am întâlnit pe Stephen Hawking în iulie 1965 la Londra, în Anglia, la o conferinţă despre relativitatea generală şi gravitaţie. Stephen îşi pregătea doctoratul la Universitatea Cambridge. Eu tocmai îmi finalizasem studiile doctorale la Universitatea Princeton. La conferinţă au început să circule zvonuri că Stephen avea o teorie convingătoare despre faptul că universul *trebuie* să se fi născut în urmă cu un interval de timp finit. Nu poate avea o vârstă infinită.

Aşadar, împreună cu alţi o sută de oameni, ne-am înghesuit într-o sală cu o capacitate de patruzeci de locuri, ca să-l ascultăm pe Stephen. A intrat sprijinindu-se într-un baston, iar vorbirea îi era uşor afectată; în rest prezenta doar vagi semne ale bolii neuronului motor, cu care fusese diagnosticat cu doi

ani înainte. Era evident că mintea nu-i era defel afectată. Raţionamentele lui lucide se bazau pe ecuaţiile relativităţii generale ale lui Einstein, pe observaţiile astronomice care arată că universul se extinde, pe câteva ipoteze cu şanse foarte mari să fie corecte, precum şi pe câteva metode noi de calcul concepute cu puţină vreme înainte de Roger Penrose. Combinând toate astea într-un mod inteligent, eficient şi convingător, Stephen a ajuns la următorul rezultat: universul trebuie să fi început dintr-o singularitate, iar aceasta trebuie să fi avut loc cam acum zece miliarde de ani. (în următorii zece ani, Stephen şi Roger, lucrând împreună, au încercat să aducă dovezi şi mai convingătoare ale acestui început singular al timpului şi, de asemenea, au încercat să dovedească şi mai convingător faptul că în centrul fiecărei găuri negre se află o singularitate în care timpul nu există.)

După prelegerea lui Stephen din 1965, am rămas profund impresionat. Nu doar de argumentele şi concluziile sale, ci încă şi mai mult de înţelegerea profundă şi creativitatea de care a dat dovadă. Aşa că l-am căutat şi am discutat vreme de o oră doar noi doi. Acesta a fost începutul unei prietenii pe viaţă, o prietenie bazată nu doar pe preocupări comune în domeniul ştiinţei, ci şi pe o simpatie reciprocă deosebită, o formă particulară de a ne înţelege ca

oameni. Curând am ajuns să petrecem mai mult timp discutând despre viețile și iubirile noastre și chiar despre moarte decât despre știință, deși acesta era, de fapt, punctul nostru de legătură.

În septembrie 1973, am mers împreună cu Stephen și soția lui, Jane, la Moscova, în Rusia. Deși ne aflam în plin Război Rece, eu îmi petreceam cam o lună de zile la Moscova o dată la doi ani, începând din 1968, în cadrul unei colaborări cu membrii unui grup condus de Iakov Borisovici Zeldovici. Zeldovici era un astrofizician de prim rang și, totodată, inventatorul bombei cu hidrogen în Rusia. Datorită secretelor nucleare pe care le deținea, nu avea voie să călătorească în Europa de Vest sau în America. Își dorea enorm să vorbească cu Stephen și, cum nu putea ajunge la el, l-am vizitat noi.

La Moscova, Stephen l-a uimit pe Zeldovici, precum și pe alte câteva sute de savanți, cu observațiile sale pertinente, dar, la rândul său, a avut de învățat câteva lucruri de la astrofizicianul rus. A rămas memorabilă după-amiaza pe care ne-am petrecut-o împreună cu Zeldovici și Alexei Starobinski, doctorandul lui, în camera lui Stephen de la Hotelul Rossiya. Zeldovici ne-a explicat într-un mod foarte intuitiv ce descoperire remarcabilă făcuseră, iar Starobinski ne-a explicat-o matematic.

Pentru a se roti, o gaură neagră are nevoie de energie. Fapt pe care îl cunoşteam. Ei au explicat că o gaură neagră se poate folosi de energia de rotaţie pentru a produce particule, iar acestea se vor îndepărta, ducând-o cu ele. Era o idee nouă şi surprinzătoare – însă nu extraordinar de surprinzătoare. Când un obiect are energie cinetică, natura găseşte de obicei modalităţi să o extragă. Cunoşteam deja alte modalităţi de a extrage energia de rotaţie a unei găuri negre; aceasta era doar o modalitate nouă, chiar dacă neobişnuită.

Valoarea uriaşă a discuţiilor de felul acesta stă în faptul că pot deschide noi direcţii fertile. Aşa s-a întâmplat şi cu Stephen. S-a ocupat de descoperirea lui Zeldovici/Starobinski câteva luni, întorcând-o pe toate feţele, până într-o zi, când a propus o idee de-a dreptul revoluţionară: după ce se opreşte din rotaţie, o gaură neagră poate să mai emită particule. Poate emite radiaţii – şi le emite ca şi cum ar fi fierbinte, ca Soarele, deşi nu foarte fierbinte, doar caldă. Cu cât gaura neagră are mai multă greutate, cu atât temperatura ei este mai mică. O gaură neagră care cântăreşte cât Soarele are o temperatură de 0,00000006 Kelvin, adică cu 0,06 milionimi de grad peste zero absolut. Formula de calcul a acestei temperaturi este în prezent gravată pe piatra de mormânt a lui Stephen aflată la Westminster Abbey, în Londra, unde cenuşa lui este înhumată între

mormintele lui Isaac Newton şi Charles Darwin.

„Temperatura Hawking" şi „radiaţia Hawking" ale unei găuri negre (aşa cum sunt acum denumite) au fost descoperiri ale fizicii teoretice de o importanţă capitală – poate cele mai importante din a doua jumătate a secolului XX. Ne-au deschis ochii asupra unor legături subtile dintre relativitatea generală (găurile negre), termodinamică (fizica temperaturii ridicate) şi fizica cuantică (crearea de noi particule). De exemplu, cu ajutorul acestora, Stephen a demonstrat că găurile negre sunt caracterizate prin entropie, ceea ce înseamnă că înăuntrul sau împrejurul găurii negre domneşte aleatoriul. A tras concluzia că nivelul de entropie (logaritmul cantităţii de aleatoriu din interiorul găurii negre) este direct proporţional cu suprafaţa acesteia. Formula entropiei este gravată pe monumentul comemorativ dedicat lui Stephen de la colegiul Gonville & Caius de la Cambridge, unde şi-a desfăşurat activitatea.

În decursul ultimilor patruzeci şi cinci de ani, Stephen împreună cu sute de alţi fizicieni s-au străduit să înţeleagă cât mai bine caracterul aleatoriu al găurilor negre. În jurul acestei probleme, au apărut diferite teorii care au încercat să unifice teoria cuantică cu relativitatea generală – adică se referă la legile puţin înţelese ale gravitaţiei cuantice.

În toamna lui 1974, Stephen şi-a adus studenţii pe care îi avea la doctorat şi familia (soţia, Jane, şi cei doi copii, Robert şi Lucy) la Pasadena, California, pentru un an, ca să ia parte, împreună cu studenţii, la activitatea universităţii unde predau, Caltech, şi să se alăture pentru o vreme grupului meu de cercetare. A fost un an *spectaculos,* care a culminat cu ceea ce a purtat numele de „epoca de aur a cercetării găurilor negre".

În timpul acelui an, Stephen, studenţii lui şi câţiva studenţi de-ai mei s-au străduit să înţeleagă mai bine găurile negre, aşa cum am încercat şi eu într-o oarecare măsură. Dar participarea şi implicarea lui Stephen în grupul nostru de cercetare a găurilor negre mi-au dat libertatea de a urma o nouă direcţie, la care mă gândeam deja de câţiva ani: undele gravitaţionale.

Sunt doar două tipuri de unde care pot călători prin univers şi ne pot aduce informaţii despre lucruri îndepărtate: undele electromagnetice (care includ lumina vizibilă, razele X, razele gama, microundele, undele radio...) şi undele gravitaţionale.

Undele electromagnetice sunt forţe electrice şi magnetice oscilante care călătoresc cu viteza luminii. Când se ciocnesc cu particule încărcate electric, cum ar fi electronii de la antena radio sau TV, acestea mişcă particulele şi le transmit informaţia pe care o poartă.

Informaţia poate fi ulterior amplificată şi transmisă către difuzor sau ecranul televizorului pentru a ajunge la public.

Undele gravitaţionale, în opinia lui Einstein, reprezintă o deformare oscilantă a spaţiului: extinderea şi comprimarea spaţiului într-o mişcare alternativă. În 1972, Rainer (Rai) Weiss de la Massachusetts Institute of Technology a inventat un detector de unde gravitaţionale în care oglinzile poziţionate în colţ şi la capetele unei conducte vidate în formă de L sunt îndepărtate pe un braţ al acesteia prin extinderea spaţiului şi adunate pe celălalt braţ prin comprimarea lui. Rai şi-a propus să folosească raze laser pentru a măsura structura alternativă a acestor extinderi şi comprimări. Raza laser ar putea extrage informaţia undei gravitaţionale, iar semnalul ar putea fi amplificat şi transmis către un calculator pentru a fi analizat.

Primul care a studiat universul cu ajutorul telescopului electromagnetic (astronomie electromagnetică) a fost Galilei, care a construit un telescop optic de mici dimensiuni, pe care l-a îndreptat către Jupiter şi a descoperit cei patru mari sateliţi ai acestuia. În cei 400 de ani care au trecut de atunci, astronomia electromagnetică a dus la o adevărată revoluţie în modul în care înţelegem universul.

În 1972, studenţii mei şi cu mine ne întrebam ce

putem afla despre univers folosind undele gravitaţionale: am început prin a elabora o perspectivă asupra astronomiei undelor gravitaţionale. Fiindcă sunt un fel de deformare a spaţiului, undele gravitaţionale sunt produse mai ales de obiectele care sunt în sine alcătuite complet sau parţial din spaţiul-timp distorsionat – adică de găurile negre în particular. Am ajuns la concluzia că undele gravitaţionale sunt instrumentul ideal pentru a studia şi testa observaţiile lui Stephen referitoare la găurile negre.

Ni s-a părut că, per ansamblu, undele gravitaţionale erau complet diferite de cele electromagnetice, astfel încât eram siguri că vor produce o revoluţie în modul în care înţelegem universul, comparabilă poate doar cu uriaşa revoluţie electromagnetică ce a urmat după Galilei – *dacă* aceste unde puteau fi detectate şi monitorizate. Era însă un mare *dacă:* noi aproximam că undele gravitaţionale care scaldă Pământul erau atât de slabe, încât oglinzile aflate la capetele dispozitivului în formă de L creat de Rai Weiss ar fi trebuit să se mişte unele faţă de altele cu nu mai mult de 1/100-a parte a diametrului unui proton (care înseamnă 1/10.000.000-a parte a unui atom), chiar dacă oglinzile s-ar fi aflat la distanţă de câţiva kilometri. Să măsori mişcări de dimensiuni atât de reduse era o provocare uriaşă.

Astfel că pe parcursul acelui an spectaculos, împreună cu Stephen şi grupul meu de cercetare de la Caltech, mi-am petrecut mare parte din timp analizând şansele de succes ale detectării undelor gravitaţionale. Stephen mi-a fost un adevărat sprijin, pentru că, cu ceva ani în urmă, şi el proiectase un detector de unde gravitaţionale împreună cu Gary Gibbons, un student de-al său (detector pe care nu l-au construit niciodată).

La scurt timp după întoarcerea lui Stephen la Cambridge, am ajuns finalmente la o concluzie după o discuţie intensă, care a durat o noapte întreagă, cu Rai Weiss, în camera lui de hotel din Washington DC. Am fost convins că şansele de succes erau îndeajuns de mari, încât să-mi dedic mare parte din carieră, precum şi activitatea de cercetare a viitorilor mei studenţi, pentru a-i ajuta pe Rai şi alţi oameni din domeniu şi a transforma viziunea în realitate. Iar restul este, după cum se spune, istorie.

Pe 14 septembrie 2015, detectoarele de unde gravitaţionale LIGO (construite cu ajutorul unui proiect care a implicat 1000 de oameni, la care am fost cofondatori eu, Rai şi Ronald Drever, proiect organizat şi condus de Barry Barish) au detectat primele unde gravitaţionale. După ce a comparat tiparele undelor cu prognozele de la simulările computerizate, echipa noastră a ajuns la concluzia că undele s-au produs la

ciocnirea a două găuri negre de mari dimensiuni, aflate la distanţă de 1,3 miliarde de ani-lumină de Pământ. Acesta a fost începutul astronomiei undelor gravitaţionale. Echipa noastră reuşise să facă pentru undele gravitaţionale ceea ce Galilei făcuse pentru undele electromagnetice.

Sunt sigur că în anii ce vor urma noua generaţie de astronomi ai undelor gravitaţionale le vor folosi nu doar pentru a testa legile fizicii specifice găurilor negre, aşa cum au fost enunţate de Stephen, ci şi pentru a detecta şi monitoriza undele gravitaţionale emise la naşterea dintr-o singularitate a universului nostru, verificând astfel ideile lui Stephen şi ale altor savanţi despre felul în care a luat fiinţă universul nostru.

În timpul spectaculosului an 1974-1975, în timp ce eu tatonam subiectul undelor gravitaţionale, iar Stephen conducea grupul de cercetare a găurilor negre, prietenul meu a propus o ipoteză încă şi mai revoluţionară decât cea care dusese la descoperirea radiaţiilor ce-i poartă numele. De asemenea, a venit cu o demonstraţie convingătoare, *aproape* impenetrabilă, care arăta că, atunci când o gaură neagră se formează şi apoi dispare complet prin emisia de radiaţie, informaţia care a intrat în gaura neagră nu mai poate ieşi. Informaţia e iremediabil pierdută.

Această ipoteză este revoluţionară pentru că, potrivit

legilor fizicii cuantice, informaţia nu e niciodată complet pierdută. Aşadar, dacă Stephen are dreptate, găurile negre încalcă una dintre legile fundamentale ale mecanicii cuantice.

Cum e posibil aşa ceva? Procesul de evaporare a unei găuri negre respectă atât legile mecanicii cuantice, cât şi relativitatea generală – legile puţin înţelese ale gravitaţiei cuantice; şi astfel, a explicat Stephen, cuplarea pătimaşă dintre relativitate şi fizica cuantică trebuie să ducă la distrugerea informaţiei.

Majoritatea covârşitoare a teoreticienilor resping această ipoteză, pe care o privesc cu scepticism. Astfel că, timp de patruzeci şi patru de ani, s-au tot luptat cu aşa-numitul paradox al pierderii informaţiei. E însă o luptă care merită tot efortul şi strădania, fiindcă acest paradox reprezintă un punct-cheie în înţelegerea legilor gravitaţiei cuantice. În 2003, Stephen însuşi a identificat o cale prin care informaţia ar putea scăpa când gaura se evaporă, dar aceasta nu a curmat strădaniile teoreticienilor. Stephen *nu a reuşit să demonstreze* că informaţia se pierde, aşadar lupta continuă şi azi.

În necrologul pe care l-am scris pentru Stephen, rostit la ceremonia de înhumare a cenuşii sale la Westminster Abbey, am rememorat această luptă în câteva cuvinte: „Newton ne-a oferit răspunsuri. Hawking ne-a oferit

întrebări. Iar întrebările lui Hawking rămân deschise, provocând noi descoperiri vreme de decenii. Când vom fi ajuns să stăpânim legile gravitaţiei cuantice şi să avem o înţelegere completă a modului în care s-a născut universul nostru, în mare parte acestea i se vor datora lui Hawking, cel ce ne-a ridicat pe umerii săi".

Spectaculosul an 1974-1975 marca începutul cercetărilor mele în domeniul undelor gravitaţionale şi, în egală măsură, reprezenta şi începutul încercărilor lui Stephen de a înţelege în amănunt legile gravitaţiei cuantice şi semnificaţia lor cu privire la natura informaţiei dintr-o gaură neagră, natura hazardului, natura naşterii universului nostru dintr-o singularitate şi natura singularităţilor din interiorul găurilor negre – adevărata natură a naşterii şi a morţii timpului.

Acestea sunt întrebări mari. Foarte mari.

În ceea ce mă priveşte, m-am ferit mereu de întrebările mari. Nu am priceperea, înţelepciunea sau încrederea necesare pentru a le aborda. Stephen, dimpotrivă, a fost mereu atras de întrebările fundamentale, fie că erau sau nu adânc înrădăcinate în ştiinţă. El *avea* priceperea, înţelepciunea şi încrederea.

Această carte adună la un loc răspunsurile date de el la marile întrebări, răspunsuri la care încă lucra în momentul morţii sale.

Răspunsurile lui Stephen la şase dintre întrebări sunt

adânc înrădăcinate în teoriile sale ştiinţifice. (Există Dumnezeu? Cum a început totul? Putem prezice viitorul? Ce se află în interiorul unei găuri negre? E posibilă călătoria în timp? Cum modelăm viitorul?) Veţi citi pe larg răspunsurile lui cu privire la toate subiectele pe care le-am pomenit în Introducere, precum şi asupra multor alte lucruri.

Răspunsurile la celelalte patru mari întrebări nu îşi pot găsi temeiuri solide în ştiinţă. (Vom supravieţui pe Pământ? Există şi altă viaţă inteligentă în univers? Ar trebui să colonizăm spaţiul? Ne va depăşi inteligenţa artificială?) Cu toate astea, ideile lui dovedesc o înţelegere profundă şi creativitate, cum era de aşteptat, de altfel.

Sper că răspunsurile lui vi se vor părea la fel de incitante şi de pătrunzătoare cum mi s-au părut şi mie. Lectură plăcută!

Iulie 2018

De ce trebuie să ne punem marile întrebări?

Oamenii au căutat dintotdeauna răspunsuri la marile întrebări. De unde venim? Cum anume a început universul? Care sunt sensul şi structura tuturor lucrurilor? Mai există şi alte fiinţe în afară de noi? Miturile creaţiei din trecut par astăzi tot mai puţin

relevante şi credibile. Au fost mai degrabă înlocuite cu o mare varietate de credinţe, pe care le putem numi superstiţii, mergând de la cele New Age la cele din *Star Trek.* Dar ştiinţa adevărată poate fi cu mult mai stranie decât orice scenariu ştiinţifico-fantastic şi, de asemenea, cu mult mai satisfăcătoare.

Eu sunt om de ştiinţă. Un om de ştiinţă profund fascinat de fizică, cosmologie, la fel cum sunt pasionat şi de viitorul umanităţii. Părinţii mei m-au educat în aşa fel încât am fost mereu stăpânit de o curiozitate neobosită şi de dorinţa de a cerceta şi de a încerca să răspund la toate întrebările pe care le pune ştiinţa. Mi-am petrecut viaţa călătorind, în interiorul minţii mele, prin întregul univers. Prin intermediul fizicii teoretice, mi-am dorit să găsesc răspuns la unele dintre marile întrebări. La un moment dat am crezut că voi fi martorul sfârşitului fizicii teoretice aşa cum o cunoaştem, dar acum sunt convins că aventura noilor descoperiri va continua mult timp după ce eu voi fi dispărut. Suntem aproape de unele dintre aceste răspunsuri, dar nu am ajuns încă acolo.

Problema e că mulţi oameni au impresia că ştiinţa adevărată este prea dificilă şi prea complicată pentru ei. Eu nu cred că lucrurile stau aşa. A cerceta legile fundamentale care guvernează universul ar necesita o perioadă de timp pe care cei mai mulţi oameni pur şi

simplu nu o au; cred că lumea s-ar opri în loc dacă ne-am ocupa cu toţii de fizica teoretică. Dar cei mai mulţi oameni pot înţelege şi aprecia valoarea ideilor ştiinţifice dacă sunt prezentate într-o manieră limpede, fără ecuaţii, iar să fac asta e ceva ce m-a bucurat toată viaţa.

Vremurile pe care le-am apucat au reprezentat o perioadă minunată în care să trăieşti şi să desfăşori cercetări în fizica teoretică. Imaginea noastră asupra universului s-a modificat mult în decursul ultimilor cincizeci de ani, şi nu pot fi decât fericit dacă am contribuit şi eu cu ceva. Era spaţială ne-a adus, ca pe o adevărată revelaţie, o nouă perspectivă asupra universului. Atunci când privim Pământul din spaţiu, ne putem vedea pe noi înşine într-o imagine de ansamblu. Vedem unitatea, nu diviziunile. E o imagine atât de simplă, cu un mesaj atât de convingător: o singură planetă, o singură umanitate!

Vreau să mă alătur celor care spun că e imperios necesar să acţionăm neîntârziat pentru a face faţă provocărilor majore care stau azi înaintea omenirii. Sper ca în viitor, când eu nu voi mai fi, oamenii care deţin puterea să dea dovadă de creativitate, curaj şi capacitate de a conduce lumea aşa cum trebuie. Fie ca ei să se poată ridica la înălţimea proiectelor noastre de dezvoltare şi să acţioneze nu în interes propriu, ci în

interesul nostru, al tuturor. Sunt cât se poate de conştient de cât de preţios este timpul. Să preţuim acest moment. Să acţionăm!

Am mai scris despre viaţa mea şi înainte, dar cred că anumite experienţe merită reluate aici, pentru a înţelege mai bine fascinaţia de o viaţă legată de marile întrebări.

M-am născut la exact 300 de ani de la moartea lui Galilei, şi îmi place să cred că această coincidenţă a avut o influenţă majoră asupra felului în care a arătat cariera mea ştiinţifică. Oricum, estimez că în acea zi s-au născut alţi aproximativ 200.000 de bebeluşi. Nu ştiu dacă vreunul a manifestat mai târziu vreun interes pentru astronomie.

Am crescut într-o casă mică, în stil victorian, din Highgate, în Londra, pe care părinţii mei au cumpărat-o foarte ieftin în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, când toată lumea credea că Londra urma să fie rasă de pe faţa pământului. De fapt, o rachetă V2 chiar a căzut la doar câteva case depărtare. Eu eram plecat cu mama şi cu sora mea în acel moment şi, din fericire, nici tata nu a fost rănit. Mulţi ani după aceea am continuat să mă joc cu prietenul meu Howard pe o stradă la capătul căreia se afla gaura făcută de o bombă. Cercetam împreună urmele exploziei cu aceeaşi curiozitate care m-a stimulat toată viaţa.

În 1950, tata s-a mutat cu serviciul în partea de nord a Londrei, la nou-înfiinţatul Institut Naţional de Cercetări Medicale din Mill Hill, aşa că familia mea s-a mutat la rândul ei în oraşul St. Albans, aflat în apropiere. Am fost trimis la Liceul de Fete, care, în ciuda numelui, primea şi băieţi până în 10 ani. Mai târziu am mers la şcoala din St. Albans. Nu am fost niciodată mai sus decât media clasei – era o clasă foarte inteligentă –, dar colegii mă strigau Einstein, prin urmare pot presupune că au văzut la mine semne care anunţau ceva mai bun. Pe când aveam 12 ani, unul dintre prietenii mei a pariat cu un altul că nu voi ajunge nimic în viaţă.

Aveam şase sau şapte prieteni apropiaţi în St. Albans şi îmi amintesc că purtam discuţii aprinse cu privire la orice, de la modele radioghidate la religie. Una dintre marile idei pe care le discutam cu ei era originea universului şi dacă a fost nevoie de un zeu care să-l creeze şi apoi să-l facă să funcţioneze. Auzisem că lumina care venea de la galaxiile îndepărtate avea lungimi de undă deplasate către partea roşie a spectrului şi că asta ar fi presupus că universul se extinde. Eu eram însă sigur că trebuie să fi existat şi un alt motiv pentru această deplasare. Poate că lumina devenea de fapt tot mai slabă şi mai roşie în drumul pe care îl străbătea către noi? Un univers etern care nu se

modifică îmi părea mult mai firesc. (Doar mulţi ani mai târziu, după descoperirea radiaţiei cosmice de fond, la doi ani după ce m-am înscris la doctorat, mi-am dat seama că mă înşelasem.)

Fusesem mereu interesat de felul în care funcţionează lucrurile şi obişnuiam să le iau şi să le desfac, ca să înţeleg mecanismul lor, deşi nu eram la fel de bun în a le reasambla. Abilităţile mele practice nu s-au ridicat niciodată la nivelul celor teoretice. Tatăl meu îmi încurajase interesul pentru ştiinţă, şi eram foarte hotărât să merg la Oxford sau la Cambridge. El însuşi fusese la University College de la Oxford şi credea că şi eu trebuie să aplic tot aici. În acel moment, University College nu avea programe plătite de masterat *(fellowship)* în matematică, aşa că nu prea am avut ce face şi a trebuit să aplic pentru o bursă în ştiinţe naturale. M-a surprins faptul că am şi obţinut-o.

Atitudinea care predomina la Oxford în acea perioadă era foarte ostilă muncii. Se încetăţenise ideea că fie eşti genial fără să te străduieşti prea mult, fie trebuie să-ţi accepţi limitările şi să te mulţumeşti cu calificări de rang inferior. Am luat-o ca pe o invitaţie la delăsare. Nu sunt mândru de asta, doar prezint atitudinea pe care am avut-o atunci şi care era împărtăşită de majoritatea studenţilor. O consecinţă a bolii mele a fost faptul că mi-a schimbat complet

priorităţile. Atunci când te gândeşti că ai putea muri în orice moment, îţi dai seama şi că există o grămadă de lucruri pe care vrei să le faci înainte de sfârşitul vieţii.

Pentru că eram atât de delăsător, m-am gândit că pot trece examenul final ignorând orice ar fi presupus cunoştinţe concrete şi concentrându-mă, în schimb, pe chestiuni de fizică teoretică. Am dormit însă prost în noaptea de dinainte de examen, aşa că nu m-am descurcat foarte bine. Mă aflam chiar la pragul dintre o calificare de gradul I *(first-class degree)* şi una de gradul II *(second-class degree)*, aşa că am fost supus unui examen oral ca să se decidă care dintre ele urma să-mi fie acordată. M-au întrebat ce planuri de viitor am, şi le-am spus că îmi doream să fac cercetare. Dacă îmi dădeau gradul I, atunci puteam merge la Cambridge. Dacă îl primeam pe al II-lea, rămâneam la Oxford. Am primit gradul I.

În lunga vacanţă de după examenul final, universitatea a oferit câteva mici granturi de călătorie. M-am gândit că aveam şanse cu atât mai mari să obţin unul cu cât îmi propuneam să ajung mai departe, aşa că le-am spus că vreau să merg în Iran. Am pornit la drum în toamna anului 1962, luând un tren din Istanbul, mergând apoi la Erzurum, în estul Turciei, şi apoi la Tabriz, Teheran, Isfahan, Shiraz şi Persepolis, capitala regilor persani din vechime. La întoarcere, alături de

camaradul meu, Richard Chiin, am prins cutremurul de la Bouin-Zahra, un seism uriaş, de 7,1 grade pe scara Richter, în care au murit aproximativ 12.000 de oameni. Probabil că m-am aflat chiar lângă epicentru, dar eram prea bolnav ca să-mi dau seama de asta şi, de asemenea, mă aflam într-un autocar care se zdruncina în toate părţile pe denivelatele drumuri iraniene.

Am petrecut zilele următoare în Tabriz, unde mi-am revenit după o dizenterie severă şi o coastă fracturată, cu care m-am ales după ce am fost proiectat în autocar în scaunul din faţa mea; nu-mi dădeam seama de ce se întâmpla cu adevărat pentru că nu vorbeam persana. Doar când am ajuns înapoi la Istanbul am aflat despre cutremur. Le-am trimis o carte poştală părinţilor mei, care aşteptau deja cu înfrigurare un semn de la mine de zece zile, pentru că ultima oară când auziseră veşti tocmai plecam din Teheran către regiunea care avea să fie afectată de seism. În ciuda cutremurului, am multe amintiri plăcute din timpul şederii mele în Iran. O prea mare curiozitate îi poate duce uneori pe oameni în calea pericolului, dar, în cazul meu, acesta a fost probabil singurul moment din viaţă când chiar s-a întâmplat asta.

În octombrie 1962, la 20 de ani, am revenit la Cambridge, la departamentul de matematică aplicată şi fizică teoretică. Am depus o cerere ca să lucrez cu Fred

Hoyle, care era în acel moment cel mai faimos astronom britanic. Spun astronom fiindcă cosmologia abia dacă era considerată atunci un domeniu separat. Hoyle avea însă destul de mulţi studenţi, iar eu i-am fost repartizat lui Dennis Sciama, de care nu auzisem. Dar în cele din urmă a fost bine că nu am ajuns studentul lui Hoyle, pentru că aş fi fost cumva forţat să apăr teoria lui a stării staţionare a universului, sarcină care ar fi fost mai dificilă decât negocierile privind Brexitul. Aşa că mi-am început munca citind cărţi vechi despre relativitatea generală, atras, ca întotdeauna, de marile întrebări.

După cum mulţi dintre dumneavoastră aţi văzut deja în filmul în care Eddie Redmayne întruchipează o versiune mult mai chipeşă a mea, în cel de-al treilea an la Oxford am observat că devin din ce în ce mai neîndemânatic. Am căzut de câteva ori şi nu reuşeam să înţeleg de ce, după care am observat că nu mai puteam să vâslesc cum trebuie la o ambarcaţiune de canotaj. Era clar că ceva nu e în regulă, şi m-a scos din sărite să aflu de la un doctor că nu mai aveam voie nici să beau bere.

Iarna după ce am ajuns la Cambridge a fost foarte friguroasă. Fusesem acasă în vacanţa de Crăciun, când mama mă convinsese să merg să patinez pe lacul St. Albans, deşi eu ştiam că nu eram în stare. Am căzut şi

mi-a fost foarte greu să mă ridic. Mama şi-a dat seama că ceva nu e în regulă şi m-a dus la doctor.

Am petrecut mai multe săptămâni în spitalul St. Bartholomew din Londra, unde am fost supus la numeroase teste. În 1962, investigaţiile medicale erau mult mai primitive decât sunt acum. O probă dintr-un ţesut muscular îmi fusese recoltată din braţ, corpul îmi era acoperit de electrozi şi fluid radioopac îmi fusese injectat în coloana vertebrală, pe care medicii îl urmăreau urcând şi coborând, odată cu mine şi cu patul, prin intermediul unor aparate cu raze X. Nu-mi puseseră vreun diagnostic, dar mi-am dat seama că lucrurile erau destul de grave, aşa că nici eu n-am întrebat. Îi auzisem pe doctori spunând că, indiferent de diagnostic, starea mea „nu se putea decât înrăutăţi" şi că nu puteau face altceva decât să-mi dea vitamine. De fapt, doctorul care făcuse toate testele renunţase la caz şi nu aveam să-l mai văd vreodată.

Până la urmă, am aflat că diagnosticul era scleroză laterală amiotrofică (SLA), un tip de maladie a neuronilor motori în care celulele nervoase ale creierului şi măduva spinării încep să se atrofieze, pentru ca, în cele din urmă, să se cicatrizeze sau să se întărească. De asemenea, am aflat că oamenii cu această afecţiune îşi pierd treptat capacitatea de a se mişca, de a vorbi, de a mânca şi, în cele din urmă, de a respira.

Boala părea să progreseze rapid. Oarecum normal, am intrat în depresie şi nu vedeam niciun rost în a-mi continua lucrul la teza de doctorat, pentru că nu ştiam dacă aveam să trăiesc suficient de mult ca s-o termin. Apoi, ritmul în care avansa boala a încetinit, aşa că mi-am recăpătat entuziasmul şi m-am reapucat de muncă. După ce aşteptările îmi fuseseră reduse la zero, fiecare zi mi se părea un dar şi am început să apreciez tot ce aveam. Atât timp cât există viaţă, există şi speranţă.

Bineînţeles, a mai fost la mijloc şi o tânără pe nume Jane, pe care am cunoscut-o la o petrecere. Era convinsă de faptul că împreună ne puteam lupta cu boala mea. Încrederea ei mi-a dat şi mie speranţe. În cele din urmă ne-am logodit, şi asta mi-a ridicat starea de spirit, fiindcă mi-am dat seama că, dacă ne vom căsători, era important să-mi iau o slujbă şi să-mi termin doctoratul. Şi, ca de obicei, marile întrebări nu-mi dădeau pace. Am început să lucrez din greu şi cu mare plăcere.

Ca să mă pot întreţine în perioada studiilor, am candidat pentru o bursă de cercetare la colegiul Gonville & Caius. Spre surprinderea mea, am fost acceptat, şi ocup în continuare o poziţie de profesor asociat la Caius. Această slujbă s-a dovedit un punct de cotitură în viaţa mea. Însemna că puteam să-mi continui cercetările în ciuda dizabilităţii mele, stare

care devenea din ce în ce mai acută. Însemna, de asemenea, că Jane şi cu mine ne puteam căsători, ceea ce am şi făcut în 1965. Primul nostru copil, Robert, s-a născut cam la doi ani după ce ne-am căsătorit. Cel de-al doilea, Lucy, s-a născut la aproape trei ani după aceea, iar Timothy, cel de-al treilea, s-a născut în 1979.

În calitate de părinte, am încercat să le arăt mereu cât de important e să pui în permanenţă întrebări. Îmi amintesc că fiul meu Tim a pus odată o întrebare care i se părea cam prostuţă pe moment. A vrut să ştie dacă e posibil să existe multe universuri mici peste tot în jurul nostru. I-am spus să nu se teamă vreodată să propună o ipoteză, oricât de aiurea (termenul îi aparţine) i s-ar părea.

*

Marea întrebare din cosmologie în jurul anului 1960 era dacă universul a avut sau nu un început. Mulţi oameni de ştiinţă se opuneau instinctiv ideii pentru că simţeau probabil că un punct al creaţiei ar fi presupus un moment în care legile fizicii să nu mai fie valabile. Li se părea că ar fi fost necesar apelul la religie şi la mâna lui Dumnezeu pentru a arăta cum anume a început universul. Aceasta era cu siguranţă o întrebare fundamentală şi exact lucrul de care aveam nevoie pentru a-mi completa teza de doctorat.

Roger Penrose arătase deja că, după ce o stea se va fi

contractat dincolo de o anumită rază, ea va sfârşi inevitabil într-o singularitate, adică un loc în care spaţiul şi timpul ar fi ajuns la un sfârşit. Desigur, ştiam deja că nimic nu putea împiedica o stea rece să colapseze sub propria gravitaţie până când va fi ajuns la un punct de densitate şi de temperatură maximă. Mi-am dat seama că idei de acelaşi fel puteau fi aplicate expansiunii universului. Puteam astfel să demonstrez că, dacă existau singularităţi, atunci spaţiul şi timpul puteau avea un început.

Am avut o revelaţie în 1970, la câteva zile după naşterea fiicei mele, Lucy. Pe când mă aşezam în pat, proces care devenise foarte anevoios din pricina dizabilităţii mele, mi-am dat seama că puteam aplica găurilor negre teoria structurală cauzală pe care o dezvoltasem pentru singularităţi. Dacă relativitatea generală era corectă, iar energia avea o densitate pozitivă, aria de suprafaţă a orizontului evenimentelor – graniţa găurii negre – avea să crească ori de câte ori era atrasă în interiorul ei mai multă materie. În plus, dacă două găuri negre s-ar fi ciocnit şi ar fi format una singură, aria orizontului evenimentelor avea să fie mai mare decât suma celor două arii individuale.

A fost o epocă de aur, în care am rezolvat majoritatea problemelor importante din teoria găurilor negre înainte să fi existat măcar dovezi observaţionale pentru

existenţa lor. De fapt, am avut un succes atât de mare aplicând teoria generală a relativităţii, încât nu ştiam în ce direcţie să mă îndrept la finalul anului 1973, când am publicat, împreună cu George Ellis, *The Large Scale Structure of Space-Time (Structura la scară mare a spaţiului-timp).* Cercetările pe care le desfăşurasem împreună cu Penrose arătau că teoria relativităţii nu mai funcţiona când se ajungea la o singularitate, aşa că devenise evident că următorul pas era acela de a combina relativitatea generală – teoria fenomenelor la scară foarte mare – cu mecanica cuantică – teoria fenomenelor la scară foarte mică. Mă întrebam dacă era posibil să avem atomi în care nucleul să fie o gaură neagră minusculă formată la începutul universului. Cercetările mele au scos la iveală o legătură profundă şi neobservată până atunci între gravitaţie şi termodinamică, ştiinţa fenomenelor legate de căldură, şi a rezolvat un paradox în jurul căruia existaseră tot felul de discuţii fără rezultat în ultimii treizeci de ani: cum anume era posibil ca radiaţia ce provenea de la o gaură neagră care se micşora să păstreze informaţia de la tot ceea ce ajunsese în gaura neagră? Am descoperit că informaţia nu se pierde, dar capătă o formă inutilizabilă – ca şi cum ai da foc unei enciclopedii, dar ai păstra cenuşa şi fumul.

Pentru a răspunde la această întrebare am studiat

felul în care câmpurile cuantice sau particulele se comportă când ajung să fie disipate de o gaură neagră. Mă aşteptam ca o parte a radiaţiei incidente să fie absorbită şi o alta disipată. Dar, spre surprinderea mea, am descoperit faptul că radiaţiile emise proveneau chiar de la găurile negre. La început am crezut că s-a strecurat o eroare în calculele mele. Ceea ce m-a convins însă că dădusem peste un fenomen real a fost faptul că această emisie era exact lucrul de care aveam nevoie pentru a identifica aria orizontului evenimentelor cu entropia găurii negre. Această entropie, măsură a dezordinii unui sistem, este dată de formula simplă

$$S = Akc^3/4G\hbar$$

care exprimă entropia în termenii ariei orizontului evenimentelor şi a celor trei constante fundamentale ale naturii, c, adică viteza luminii, G, constanta gravitaţională a lui Newton, şi $\hbar$, constanta lui Planck. Emisia radiaţiei termice dintr-o gaură neagră se numeşte acum „radiaţia Hawking”, şi sunt mândru că am descoperit-o.

În 1974, am fost ales membru al Societăţii Regale. Alegerea i-a surprins pe membrii departamentului meu, pentru că eram tânăr şi fiindcă eram doar un

asistent cercetător de rang inferior. Dar în numai trei ani am devenit profesor. Munca de cercetare pe care o desfăşurasem cu privire la găurile negre îmi dăduse speranţa că am putea obţine o teorie a tot ce există, iar asta a devenit o motivaţie foarte puternică pentru mine.

În acelaşi an, amicul meu Kip Thorne m-a invitat, împreună cu tânăra mea familie şi alături de alţi cercetători în domeniul relativităţii generale, la California Institute of Technology (Caltech). În ultimii patru ani, folosisem un scaun cu rotile manual şi o maşină electrică cu trei roţi, de culoare albastră, care se deplasa cam cu viteza unei biciclete şi în care duceam uneori ilegal pasageri. În California am locuit într-o casă în stil colonial, aflată lângă campus, care aparţinea de Caltech, iar acolo m-am putut bucura pentru prima oară în viaţă de posibilitatea de a utiliza în permanenţă un scaun cu rotile electric. Mi-a asigurat un grad mare de independenţă, mai ales că în Statele Unite clădirile şi trotuarele sunt mult mai adaptate pentru accesul oamenilor cu dizabilităţi decât sunt în Marea Britanie.

În 1975, după ce m-am întors de la Caltech, am fost iniţial cu moralul destul de jos. Totul părea atât de provincial şi restrictiv în Marea Britanie, în comparaţie cu atitudinea de „totul e posibil” a americanilor. În acel moment, peisajul era dezolant, plin de copaci distruşi de boala ulmului olandez, iar în ţară erau greve peste

tot. Totuşi, starea de spirit a început să mi se îmbunătăţească pe măsură ce vedeam că munca mea dădea rezultate, fiind ales titularul Catedrei lucasiene de matematică, un post care fusese deţinut în trecut de sir Isaac Newton şi de Paul Dirac.

În decursul anilor 70, atenţia mi s-a îndreptat în special asupra găurilor negre, dar interesul meu pentru cosmologie a crescut din nou odată cu teoriile conform cărora că era posibil ca universul ar fi trecut la început printr-o fază de expansiune accelerată, în care mărimea sa a crescut cu o rată din ce în ce mai mare, cam în acelaşi fel în care au crescut preţurile în Marea Britanie de când cu votul pentru Brexit. Mi-am petrecut de asemenea mult timp cu Jim Hartle, cu care am conceput o teorie pe care am numit-o „teoria universului fără graniţe".

La începutul anilor '80, starea mea de sănătate a continuat să se înrăutăţească. De mai multe ori am simţit că mă sufoc, pentru că laringele îmi slăbea şi fragmente de hrană ajungeau în plămâni atunci când mâncam. În 1985 am făcut pneumonie în timpul unei excursii la CERN, Centrul European pentru Energie Nucleară, care se află în Elveţia. A fost un moment care mi-a schimbat viaţa. Am fost dus de urgenţă la Spitalul Cantonai din Lucerna şi pus la un ventilator. Doctorii i-au spus lui Jane că lucrurile ajunseseră în punctul în

care nu se mai putea face nimic şi că ar trebui să mă deconecteze de la aparate. Jane a refuzat însă şi a cerut să fiu transportat înapoi la spitalul Addenbrooke din Cambridge cu ambulanţa aeriană.

După cum vă imaginaţi, a fost un moment extrem de dificil, dar, din fericire, medicii de aici au depus eforturi uriaşe pentru a mă aduce la starea de dinaintea plecării în Elveţia. Totuşi, pentru că laringele meu încă permitea mâncării şi salivei să ajungă în plămâni, au trebuit să facă o traheotomie. După cum probabil cei mai mulţi ştiţi, în urma unei traheotomii nu mai poţi vorbi. Vocea este foarte importantă. Dacă ea devine nedesluşită, aşa cum era a mea, s-ar putea ca oamenii să creadă că suferi de o deficienţă mintală şi să te trateze în consecinţă. Înainte de traheotomie, doar oamenii care mă cunoşteau foarte bine puteau înţelege ce spun. Copiii mei se numărau printre puţinii care puteau face asta. După operaţie, o perioadă am putut comunica numai pe litere, mai exact ridicând sprâncenele de fiecare dată când cineva indica litera corectă pe un cartonaş logopedic.

Care a fost visul tău când erai copil? S-a îndeplinit?

Voiam să fiu un mare om de ştiinţă. Totuşi, nu am fost niciodată un elev prea bun, iar la şcoală arareori mă situam deasupra mediei. Lucram neîngrijit şi nu scriam de mână

foarte frumos. Aveam însă prieteni buni. Şi vorbeam despre câte-n lună şi-n stele, dar în special despre originea universului. Aici a început visul meu, şi sunt foarte fericit că s-a îndeplinit.

Din fericire, cazul meu a ajuns în atenţia unui expert în calculatoare din California pe nume Walt Woltosz, care mi-a trimis un program pe computer numit Equalizer, conceput chiar de el. Acesta îmi permitea să aleg cuvinte întregi dintr-un meniu care era afişat pe ecranul unui computer ce fusese ataşat de scaunul meu cu rotile prin intermediul unui întrerupător aflat la îndemână. De atunci au trecut mulţi ani, iar sistemul de comunicare s-a tot dezvoltat. Astăzi folosesc un sistem numit Acat, dezvoltat de Intel, pe care îl controlez printr-un mic senzor din ochelarii mei prin intermediul mişcărilor obrajilor. Are şi un telefon mobil, care îmi permite să am acces la Internet. Pot spune pe bună dreptate că sunt cel mai conectat om de pe pământ. Cu toate astea, am păstrat sintetizatorul pentru voce de la început atât pentru că nu am găsit unul cu o frazare mai bună, cât şi pentru că acum mă identificam cu acea voce, în ciuda accentului american.

Prima dată mi-a venit ideea de a scrie o carte despre univers dedicată publicului larg în 1982, cam în aceeaşi perioadă în care lucram la teoria universului fără

graniţe. Mă gândisem să adun o mică sumă de bani ca să-mi pot ajuta copiii la şcoală şi să acopăr o parte din costurile ridicate ale îngrijirii mele, dar principalul motiv rămânea totuşi nevoia pe care o simţeam de a explica cât de departe ajunseserăm în înţelegerea universului, mai exact cât de aproape ne aflam de găsirea unei teorii care să descrie universul şi tot ce se află în el. Nu doar că era important să punem întrebări şi să găsim răspunsuri, dar, în calitate de om de ştiinţă, mă simţeam obligat să comunic lumii descoperirile făcute.

Într-un mod oarecum potrivit, *Scurtă istorie a timpului* a apărut de 1 aprilie, Ziua Păcălelilor, în 1988. Mai întâi cartea trebuia să se numească *De la big bang la găurile negre: O restrânsă istorie a timpului.* Titlul a fost scurtat şi, în loc de „restrânsă", a fost folosit termenul „scurtă". Restul e istorie.

Nu m-am aşteptat niciodată ca *Scurtă istorie a timpului* să se bucure de atât de mult succes. Cu siguranţă, oamenii au fost interesaţi să afle şi cum, în ciuda dizabilităţii mele, am devenit fizician teoretician şi un autor de succes. Probabil că ideile expuse nu au fost foarte clare pentru toată lumea, dar, cel puţin, mulţi s-au familiarizat cu câteva dintre marile întrebări şi au înţeles că universul e guvernat de legi raţionale, pe care le putem descoperi şi înţelege cu ajutorul ştiinţei.

Pentru colegi sunt un simplu fizician, dar pentru publicul larg am devenit probabil cel mai cunoscut om de ştiinţă de pe planetă. Asta se întâmplă în parte pentru că fizicienii, dacă îl lăsăm pe Einstein deoparte, nu sunt în general cunoscuţi precum starurile rock, iar în parte pentru că mă încadrez în stereotipul geniului cu dizabilităţi. Nu mă pot deghiza cu ajutorul perucilor sau ochelarilor de soare – scaunul cu rotile mă va da de gol. Să fii celebru şi imediat recunoscut este o situaţie cu avantaje şi dezavantaje, însă dezavantajele sunt mult mai puţine decât avantajele. Oamenii par fericiţi cu adevărat atunci când mă văd. Cel mai numeros public l-am avut la Londra, în 2012, când am deschis Jocurile Paralimpice.

*

Am trăit o viaţă extraordinară pe acest pământ, în vreme ce am călătorit mereu prin univers cu ajutorul imaginaţiei mele şi a legilor fizicii. Am ajuns până în colţurile cele mai îndepărtate ale galaxiei, am pătruns în găurile negre şi am călătorit înapoi până la începutul timpului. Pe Pământ, am avut parte de suişuri şi coborâşuri, de linişte şi zbucium, de succese şi de suferinţe. Am fost bogat şi sărac, am fost sănătos, iar acum sunt un om cu dizabilităţi. Am fost lăudat şi criticat, dar niciodată ignorat. M-am bucurat de uriaşul privilegiu de a contribui, prin intermediul cercetărilor

mele, la înţelegerea universului. Dar universul acesta ar fi cu adevărat pustiu fără cei ce mă iubesc, şi pe care îi iubesc la rândul meu. Fără ei, nu ar exista pic de mister în ceea ce mă înconjoară.

Până la urmă, faptul că noi, oamenii, simple aglomerări de particule elementare, am ajuns la o asemenea înţelegere a legilor care ne guvernează pe noi şi universul nostru este o mare realizare. Vreau să împart cu voi bucuria de a fi încercat să răspund la marile întrebări şi entuziasmul care m-a însoţit mereu de-a lungul acestei aventuri.

Sper ca într-o bună zi să cunoaştem răspunsurile la toate aceste întrebări. Există însă şi alte provocări, alte întrebări fundamentale cărora va trebui să le răspundem, şi va fi nevoie de o nouă generaţie de oameni implicaţi, pasionaţi de ştiinţă. Cum vom reuşi să hrănim o populaţie în continuă creştere? Cum vom asigura apă potabilă, energie regenerabilă, cum vom preveni şi vindeca bolile şi cum vom încetini încălzirea globală? Sper ca ştiinţa şi tehnologia să ofere răspunsuri la aceste întrebări, dar va fi nevoie de oameni înzestraţi cu cunoştinţe şi capacitate de înţelegere pentru a implementa aceste soluţii. Va trebui să ne străduim ca fiecare om de pe acest pământ să poată trăi sănătos şi în siguranţă, să aibă o existenţă plină de oportunităţi şi de dragoste. Suntem cu toţii

călători în timp, aflaţi în drum spre viitor. Fie să putem colabora pentru a transforma acest viitor într-un loc care merită să fie vizitat.

Fiţi curajoşi, curioşi, hotărâţi, învingeţi toate obstacolele. Toate acestea stau în puterea noastră.

1. Există Dumnezeu?

Ştiinţa răspunde tot mai des unor întrebări care obişnuiau să fie apanajul religiei. Religia e o încercare timpurie de a răspunde la întrebarea de ce suntem aici şi de unde am venit. Cu mult timp în urmă, răspunsul era mereu acelaşi: zeii au creat totul. Lumea era un loc înfricoşător, unde chiar şi mari războinici precum vikingii credeau în fiinţe supranaturale pentru a înţelege fenomene ca fulgerele, furtunile sau eclipsele. Astăzi, ştiinţa ne pune la dispoziţie răspunsuri mai bune şi mai pertinente, dar oamenii vor găsi mereu un sprijin în religie, pentru că oferă alinare şi pentru că nu înţeleg sau nu au încredere în ştiinţă.

Acum câţiva ani, cei de la *The Times* au titrat pe prima pagină: „Hawking: Dumnezeu nu a creat universul". Articolul era ilustrat. Dumnezeu apărea într-un tablou de Michelangelo, cu o privire ameninţătoare, în vreme ce eu am o privire infatuată. Au făcut să pară că mă duelez cu Dumnezeu. Dar eu n-am nimic cu

Dumnezeu. N-aş vrea să pară că tot ce mi-am propus a fost să confirm sau să infirm existenţa lui Dumnezeu. Am încercat să găsesc un cadru raţional care să explice universul din jurul nostru.

Vreme de secole s-a crezut că oamenii cu dizabilităţi, ca mine, se află sub un blestem trimis de divinitate. Ce să spun, nu e exclus să fi supărat pe cineva acolo sus, dar prefer să cred că totul poate fi explicat într-un alt fel, prin legile naturii. Dacă crezi în puterea ştiinţei, aşa cum fac eu, atunci preferi cu siguranţă să crezi că anumite legi ale naturii se aplică întotdeauna. Dacă vrei, poţi spune că Dumnezeu este autorul acestor legi, dar avem astfel mai mult o definiţie a lui Dumnezeu decât o dovadă a existenţei lui. În jurul anului 300 î.Cr., un filosof pe nume Aristarh şi-a propus să studieze eclipsele, în special eclipsele de Lună. A fost suficient de curajos încât să se întrebe dacă aveau într-adevăr legătură cu Dumnezeu. A fost cu adevărat un pionier al ştiinţei. A studiat cerurile cu curaj şi a ajuns la o concluzie curajoasă: a înţeles că eclipsa era provocată cu adevărat de umbra Pământului proiectată pe Lună, şi nu de vreun eveniment divin. Eliberat de prejudecăţi după această descoperire, a putut să se dedice corpurilor cereşti, aşa că a desenat diagrame care arătau adevărata relaţie dintre Soare, Pământ şi Lună. Astfel a ajuns la concluzii încă şi mai remarcabile. A

dedus că Pământul nu era centrul universului, aşa cum credeau cei mai mulţi oameni în acel moment, şi că, de fapt, orbita în jurul Soarelui. Înţelegerea felului în care erau poziţionate aceste corpuri cereşti explica toate eclipsele. Atunci când Luna îşi aruncă umbra pe Pământ, avem de-a face cu o eclipsă solară. Când umbra Pământului e proiectată pe Lună, avem de-a face cu o eclipsă de Lună. Aristarh a mers şi mai departe: a sugerat că stelele nu erau crăpături în acoperişul cerurilor, aşa cum credeau contemporanii lui, ci că stelele erau corpuri cereşti precum Soarele nostru, doar că aflate la distanţe foarte mari. Ce minunată trebuie să fi fost această descoperire! Universul era mai degrabă o maşinărie guvernată de principii şi legi – legi care puteau fi înţelese de mintea umană.

Cred că descoperirea acestor legi poate fi considerată cea mai mare realizare a spiritului omenesc, pentru că aceste legi ale naturii – aşa cum le numim astăzi – sunt cele care ne pot spune dacă avem sau nu nevoie de Dumnezeu pentru a explica universul. Legile naturii reprezintă o descriere a felului în care lucrurile au funcţionat în trecut, funcţionează în prezent şi vor funcţiona în viitor. Când jucăm tenis, mingea ajunge întotdeauna acolo unde ar trebui. Şi aici putem vedea la lucru multe legi ale naturii. Ele guvernează tot ce se

întâmplă, de la felul în care se produce energia în muşchii jucătorilor până la viteza cu care iarba creşte sub picioarele lor. Dar ce este cu adevărat important e că aceste legi fizice, dincolo de faptul că nu se schimbă, sunt şi universale. Ele nu se aplică doar mişcării unei mingi, ci şi mişcării planetelor, la fel ca tuturor celorlalte corpuri din univers. Spre deosebire de legile omeneşti, legile naturii nu pot fi încălcate – de aceea sunt atât de puternice şi controversate din punct de vedere religios.

Dacă vei accepta, la fel ca mine, că legile naturii sunt fixe, nu va dura mult până să te întrebi care este rolul lui Dumnezeu? În asta rezidă miezul contradicţiei dintre ştiinţă şi religie, şi acest conflict, deşi comentariile mele au ajuns pe primele pagini ale ziarelor, este de fapt foarte vechi. Ne-am putea gândi la Dumnezeu ca la o întrupare a legilor naturii, dar nu acesta este felul în care cei mai mulţi oameni se gândesc la el. Ei îl văd mai degrabă ca pe o fiinţă umană cu care pot avea o relaţie personală. Când priveşti însă la imensitatea universului şi la cât de măruntă şi de nesemnificativă pare viaţa umană, lucrul devine cu totul neverosimil.

Folosesc termenul „Dumnezeu” într-un sens impersonal, aşa cum a făcut-o şi Einstein, echivalând legile universului cu mintea lui Dumnezeu. Cred că

vom cunoaşte mintea lui Dumnezeu până la sfârşitul acestui secol.

Singurul subiect cu privire la care religia poate emite încă pretenţii de exclusivitate este originea universului, dar chiar şi în acest domeniu ştiinţa face progrese rapide şi cred că va reuşi curând să ofere un răspuns definitiv. Am publicat o carte în care mă întrebam dacă Dumnezeu a creat universul şi am reuşit să stârnesc un mic scandal. Unii s-au supărat că un om de ştiinţă s-a apucat să vorbească despre Dumnezeu. Nu-i spun nimănui ce să creadă, dar, pentru mine, dacă Dumnezeu există sau nu este o întrebare ştiinţifică validă. Până la urmă, e destul de greu să te gândeşti la ceva mai misterios şi mai important decât cine, sau ce, a creat şi conduce universul.

Cred că universul a apărut spontan din nimic în conformitate cu legile ştiinţei. Presupunerea fundamentală a ştiinţei este determinismul ştiinţific. Legile ştiinţifice determină evoluţia universului dată fiind starea lui într-un anumit moment. Aceste legi se poate să fi fost stabilite de Dumnezeu, dar, odată instituite, el nu mai poate interveni pentru a le modifica, altminteri nu ar mai fi legi. Prin urmare Dumnezeu ar dispune de libertatea de a stabili starea iniţială a universului, dar chiar şi aici se pare că sunt anumite legi. Dumnezeu nu ar avea pic de libertate în

această privinţă.

În ciuda uriaşei complexităţi şi varietăţi din univers, se pare că, de fapt, e nevoie de numai trei ingrediente pentru a crea unul. Să ne imaginăm că le-am putea scrie într-un soi de carte de bucate cosmică. Aşadar care sunt cele trei ingrediente din care poţi face un univers? Primul este materia – ceva care are masă. Materia se găseşte peste tot în jurul nostru, în podeaua de sub picioarele noastre, dar şi în spaţiul cosmic. Praf, pietre, gheaţă, lichide. Nori enormi de gaz, spirale uriaşe de stele, fiecare dintre ele având miliarde de sori, care se întind pe distanţe incredibil de mari.

Al doilea lucru care ne trebuie este energia. Chiar dacă nu te-ai gândit vreodată serios la asta, tot ştii ce este energia. E ceva ce întâlnim în fiecare zi. Priveşte la soare şi vei simţi pe obraji căldura produsă de o stea aflată la peste o sută de milioane de kilometri depărtare. Energia umple întreg universul, alimentând procesele care îl fac să fie mereu dinamic, un loc în continuă schimbare.

Avem, aşadar, materie şi energie. Al treilea lucru de care avem nevoie este spaţiul – foarte mult spaţiu. Poţi să spui despre univers că este în multe feluri – minunat, frumos sau violent. Nu poţi spune însă vreodată că e înghesuit. Oriunde ne uităm în jur vedem spaţiu, foarte mult spaţiu, întinzându-se în toate direcţiile. E suficient

ca să te ia ameţelile. Aşadar de unde ar putea proveni materia, energia şi spaţiul? N-am avut vreo idee până în secolul XX.

Răspunsul ne-a fost oferit odată cu intuiţiile unui singur om, probabil cel mai remarcabil om de ştiinţă din câţi au trăit vreodată. Numele lui este Albert Einstein. Din păcate nu am apucat să-l cunosc, pentru că aveam numai 13 ani când a murit. Einstein a înţeles un lucru extraordinar, şi anume faptul că două dintre ingredientele necesare pentru a face un univers, materia şi energia, erau de fapt acelaşi lucru, două feţe diferite ale aceleiaşi monede, ca să spun aşa. Faimoasa lui ecuaţie, $E = mc^2$, nu înseamnă decât că masa poate fi înţeleasă ca o formă de energie, şi viceversa. Astfel putem spune că în loc de trei ingrediente e nevoie de fapt doar de două: energia şi spaţiul. Aşadar de unde provin ele? Răspunsul a fost oferit de oamenii de ştiinţă după decenii de cercetare susţinută: au apărut spontan în urma unui eveniment cosmic pe care azi îl numim big bang.

Cum se integrează Dumnezeu în imaginea pe care o ai cu privire la începutul şi sfârşitul universului? Iar dacă Dumnezeu ar exista şi ai avea ocazia de a-l întâlni, ce anume l-ai întreba?

Întrebarea care se pune este dacă începutul universului a

fost ales de Dumnezeu din motive care ne scapă, sau dacă el poate fi înţeles în acord cu legile ştiinţei? Tind să dau crezare celei de-a doua variante. Dacă doriţi, puteţi numi aceste legi „Dumnezeu", dar el nu ar mai fi Dumnezeul acela pe care Tai putea întâlni şi căruia i-ai putea pune întrebări. Dacă însă un astfel de Dumnezeu ar exista, eu aş vrea să-l întreb cum de i-a trecut prin minte ceva atât de complicat ca Teoria M în unsprezece dimensiuni.

La momentul big hangului, un întreg univers a apărut, şi spaţiul odată cu el. S-a umflat, întocmai ca un balon în care se pompează aer. Cum au apărut? Cum a fost posibil ca un întreg univers plin de energie, laolaltă cu porţiunile uriaşe de spaţiu şi tot ceea ce ele conţin, să apară din nimic?

Pentru unii, acesta este prilejul de a-l aduce din nou pe Dumnezeu în discuţie. Dumnezeu este cel ce a creat energia şi spaţiul. Big bangul a fost momentul creaţiei. Dar ştiinţa ne spune o altă poveste şi, cu riscul de a intra din nou în belele, voi afirma că putem înţelege mai mult decât fenomenele naturale care i-au înspăimântat pe vikingi. Putem merge chiar dincolo de frumoasa simetrie dintre materie şi energie descoperită de Einstein. Putem folosi legile naturii pentru a încerca să înţelegem originea universului şi vom vedea dacă existenţa lui Dumnezeu chiar este singura cale de a-i

explica apariţia.

După al Doilea Război Mondial, am trăit vremuri de austeritate în Anglia. Ni se spunea că nu poţi obţine niciodată nimic pe gratis. Azi, după o viaţă în câmpul ştiinţei, cred că poţi obţine gratuit chiar un univers întreg.

Marele mister şi marea dificultate din jurul big bangului stă în a explica cum poţi face un întreg univers, atât de vast, să apară din nimic. Secretul stă într-unul dintre cele mai stranii lucruri din cosmosul nostru. Legile fizicii presupun existenţa a ceva numit „energie negativă".

Pentru a vă ajuta să înţelegeţi acest concept straniu, dar crucial, permiteţi-mi să folosesc o analogie simplă. Imaginaţi-vă că un om vrea să construiască o moviliţă pe o bucată de teren plat. Pentru a face acest deluşor, el sapă întâi o groapă, apoi foloseşte pământul pentru a ridica movila respectivă. Desigur, el nu face doar o moviliţă, el face şi o groapă – care este de fapt simetricul negativ al movilei pe care a construit-o. Materia din groapă a devenit o movilă, prin urmare lucrurile se compensează perfect. Acesta este principiul din spatele a ceea ce s-a petrecut la apariţia universului.

Atunci când big bangul a produs o cantitate enormă de energie, el a eliberat în consecinţă şi o cantitate corespunzătoare de energie negativă. Diferenţa dintre

cele două este zero – întotdeauna. E încă o lege a naturii.

Aşadar unde se află azi toată această energie negativă? Ea se află în cel de-al treilea ingredient al cărţii noastre de bucate cosmice: în spaţiu. Poate că sună ciudat, dar în conformitate cu legile naturii în legătură cu mişcarea şi gravitaţia – care se numără printre cele mai vechi legi în domeniul ştiinţei – spaţiul însuşi este un vast depozit de energie negativă. E suficientă acolo pentru a fi siguri că ea compensează exact energia pozitivă.

Va trebui să admit că, în măsura în care nu vă pricepeţi foarte bine la matematică, e destul de dificil de înţeles. Reţeaua infinită formată din miliarde şi miliarde de galaxii, care se atrag reciproc conform legilor gravitaţiei, funcţionează ca un imens mediu de stocare. Universul este o imensă baterie care stochează energie negativă. Partea pozitivă – masa şi energia pe care le vedem azi – sunt precum movila. Gaura corespunzătoare, partea negativă a lucrurilor, este răspândită prin întreg spaţiul.

Aşadar ce înseamnă toate astea pentru încercarea noastră de a-l găsi pe Dumnezeu? Înseamnă că, dacă universul are o valoare nulă, atunci nu este nevoie de un Dumnezeu pentru a-l crea. Universul este masa gratuită absolută.

De vreme ce ştim că suma energiei pozitive şi a celei negative este zero, tot ce trebuie să facem este să aflăm ce anume – sau, ar trebui să îndrăznesc să întreb, cine anume – a declanşat întregul proces. Ce anume a determinat apariţia spontană a universului? La prima vedere, pare o întrebare derutantă – la urma urmei, ştim din viaţa noastră de zi cu zi că lucrurile nu apar pur şi simplu de nicăieri. Nu e suficient să pocneşti din degete ca să apară o ceaşcă de cafea atunci când ai chef să bei una. Ai nevoie de boabe de cafea, apă, poate chiar lapte şi zahăr. Dar, dacă vei pătrunde în această ceaşcă de cafea – printre moleculele din lapte, până la nivel atomic şi subatomic –, atunci vei ajunge într-un loc în care este posibil să obţii ceva din nimic. Cel puţin pentru o perioadă foarte scurtă. Asta pentru că, la această scară, particulele elementare se comportă în acord cu legile naturii pe care le numim mecanică cuantică. Şi, conform acestor legi, ele chiar pot apărea spontan, pot rezista o perioadă foarte scurtă, după care dispar, pentru a reapărea în alte locuri.

Din moment ce ştim că universul a fost cândva foarte mic – probabil mai mic decât un proton –, rezultă ceva remarcabil. Înseamnă că universul însuşi, cu toată complexitatea şi vastitatea lui ameţitoare, ar fi putut apărea pur şi simplu din nimic, fără a încălca vreo lege a fizicii. Din acel moment, cantităţi uriaşe de energie au

fost eliberate pe măsură ce spaţiul însuşi s-a extins – un loc pentru a depozita întreaga cantitate de energie negativă necesară. Dar întrebarea critică poate fi din nou ridicată: a creat Dumnezeu legile cuantice de care era nevoie pentru ca big bangul să aibă loc? Pe scurt, e nevoie de un Dumnezeu care să pregătească lucrurile în aşa fel încât să apară explozia? Nu vreau să atac credinţa nimănui, dar cred că ştiinţa are un răspuns mult mai convingător decât intervenţia unei fiinţe divine.

Experienţa noastră de zi cu zi ne face să credem că tot ceea ce se întâmplă trebuie să aibă legătură cu ceva anterior, aşa că e firesc să ne gândim că un anumit element, poate Dumnezeu, a făcut ca universul să apară. Dar când vorbim despre univers ca întreg nu este absolut necesar ca acest lucru să se întâmple. Să încerc să explic. Imaginaţi-vă un pârâu care curge la poalele unui munte. Cum a apărut? Poate că ploile care căzuseră mai devreme în munţi. Un răspuns bun ar fi că pârâul a apărut după ce soarele a dus la evaporarea apei din oceane şi la formarea norilor. În regulă, dar ce anume face ca soarele să strălucească? Dacă privim înăuntru, vedem un proces numit fuziune, în care atomii de hidrogen se contopesc şi produc heliu, eliberând astfel cantităţi uriaşe de energie în timpul acestui proces. În regulă. Aşadar de unde provine

hidrogenul? Răspuns: de la big bang. Aici ajungem într-un punct crucial. Legile naturii ne spun nu numai că universul ar fi putut apărea din nimic, precum un proton, fără să aibă nevoie să fie produs de ceva sau fără să necesite energie, dar şi că nimicul acesta ar putea sta la originea big bangului. Exact: nimicul.

Explicaţia poate fi găsită în teoriile mai vechi ale lui Einstein şi se leagă de ideile lui cu privire la felul în care spaţiul şi timpul din univers sunt indisolubil legate. Ceva minunat s-a întâmplat atunci, la momentul big bangului: a început timpul însuşi.

Pentru a înţelege mai bine această idee năucitoare, imaginaţi-vă o gaură neagră care pluteşte prin spaţiu. O gaură neagră tipică este o stea foarte masivă care a sucombat sub propria gravitaţie. E atât de densă, încât nici lumina nu poate scăpa gravitaţiei ei, şi de aceea este aproape neagră. Forţa ei gravitaţională e atât de mare încât nu distorsionează numai lumina, ci şi timpul însuşi. Pentru a înţelege cum se întâmplă asta, imaginaţi-vă că un ceas este absorbit în interiorul ei. Pe măsură ce ceasul se apropie tot mai mult de gaura neagră, el începe să funcţioneze tot mai lent. Timpul însuşi ar începe să curgă mai încet. Imaginaţi-vă acum că ceasul a intrat cu totul în gaura neagră. Dacă s-ar întâmpla asta – presupunând că ar rezista forţelor gravitaţionale extreme – timpul însuşi s-ar opri. S-ar

opri nu pentru că ceasul s-a stricat, ci pentru că, în interiorul unei găuri negre, timpul însuşi nu există. Iar asta este exact ceea ce s-a întâmplat la începutul universului.

În ultima sută de ani, am făcut progrese spectaculoase în înţelegerea universului. Ştim acum legile care guvernează ceea ce se întâmplă, cu excepţia situaţiilor excepţionale: originea universului sau interiorul găurilor negre. A afla care a fost exact rolul timpului la începutul universului este, cred eu, piesa fundamentală pentru a arăta cum anume a fost creat universul şi a renunţa la nevoia de a postula existenţa unui mare arhitect.

Pe măsură ce călătorim în timp tot mai aproape de momentul big bangului, universul devine din ce în ce mai mic, până când ajunge să fie atât de redus, încât poate fi conceput ca o gaură neagră infinit de mică şi infinit de densă. Iar în cazul ei, la fel ca în cazul găurilor negre care se regăsesc acum în spaţiu, legile naturii au dictat ceva cu adevărat extraordinar. Ele ne spun că timpul trebuia să dispară şi în această situaţie. Nu putem ajunge să vorbim despre un timp înainte de big bang pentru că nu există un timp înainte de big bang. Nu trebuie să căutăm o cauză a acestuia pentru că nu exista un timp în care acea cauză să existe.

Oamenii vor răspunsuri la marile întrebări, ca, de

exemplu, de ce ne aflăm aici. Nu se aşteaptă ca răspunsurile să fie uşoare, aşa că sunt pregătiţi să se străduiască puţin pentru ele. Când oamenii mă întreabă dacă un Dumnezeu a creat universul, le răspund că întrebarea în sine nu are sens. Timpul nu exista înainte de big bang, prin urmare nu a existat un moment în care Dumnezeu să fi creat lumea. E ca şi cum ai cere indicaţii rutiere pentru a ajunge la capătul lumii, însă lumea este o sferă, nu are capăt, iar a-l căuta este un exerciţiu inutil.

Dacă sunt credincios? Fiecare e liber să creadă ce vrea, iar eu cred că cea mai simplă explicaţie este că nu există Dumnezeu. Nimeni nu a creat universul şi nu ţine nimeni în mâini soarta noastră. Iar asta mă duce la o concluzie şi mai profundă: probabil nu există nici rai, nici viaţă de apoi. Cred că oamenilor doar le-ar plăcea să creadă că există o viaţă de apoi. Nu avem însă nicio dovadă concludentă pentru existenţa divinităţii, iar dacă ea ar exista cu adevărat, ar contrazice toate informaţiile ştiinţifice. Cred că, atunci când vom muri, ne vom întoarce în ţărână. Dar putem găsi un rost în ceea ce facem, în influenţa pe care o exercităm şi în genele pe care le transmitem copiilor noştri. Avem doar această viaţă în care să putem admira marele proiect al universului, şi pentru asta sunt extrem de recunoscător.

2. Cum a început totul?

Hamlet a spus: „Închis şi într-o coajă de nucă m-aş putea socoti rege al nemărginirii."[1] Cred că ceea ce a vrut să spună este faptul că, deşi noi, oamenii, suntem foarte limitaţi fizic, iar în cazul meu cu atât mai mult, minţile noastre sunt libere să exploreze întreg universul şi să se avânte pline de îndrăzneală acolo unde nici *Star Trek* nu cutează. E universul cu adevărat infinit, sau este doar foarte mare? Cum ar putea minţile noastre finite să cuprindă universul infinit? Nu e oare lipsit de chibzuinţă chiar şi să încercăm asta?

Cu riscul de a avea soarta lui Prometeu, care a furat focul de la zei pentru a-l dărui oamenilor, cred că putem şi că trebuie să încercăm să cunoaştem universul. Prometeu a fost pedepsit, fiind ţintuit de o piatră pentru eternitate, deşi, din fericire, la un moment dat a fost eliberat de Hercule. Am făcut deja progrese remarcabile în înţelegerea cosmosului. Nu avem încă o imagine completă, dar îmi place să cred că nu suntem departe.

Conform credinţei tribului Boshongo din Africa

---

[1] William Shakespeare, *Hamlet, prinţ al Danemarcei,* trad. rom. Leon Liviţchi şi Dan Duţescu, în *Teatru,* Editura pentru Literatură Universală, Bucureşti, 1964, p. 697.

Centrală, la început nu existau decât întunericul, apa şi marele zeu Bumba. Într-o zi, Bumba, care avea dureri de stomac, a vomitat soarele. Soarele a secat parte din apă, şi astfel a apărut pământul. Având în continuare dureri de stomac, Bumba a vomitat şi luna, stelele şi câteva animale – leopardul, crocodilul, broasca-ţestoasă şi, în cele din urmă, omul.

Aceste mituri ale creaţiei, la fel ca multe altele, încearcă să răspundă întrebărilor pe care ni le punem cu toţii. De ce suntem aici? De unde am venit? Răspunsul dat în general a fost că oamenii au apărut relativ recent pentru că, în mod evident, omul şi-ar fi îmbunătăţit cunoştinţele şi tehnologia. Aşadar nu există de prea mult timp, altminteri ar fi progresat mai mult. De exemplu, conform interpretării pe care o dă arhiepiscopul Ussher cărţii Genezei, lumea ar fi fost creată în data de 22 octombrie 4004 î.Cr., la ora 18. Pe de altă parte, imaginea despre elementele peisajului terestru, cum ar fi munţii şi râurile, s-a schimbat foarte puţin în decursul unei vieţi de om. Păreau un fundal constant, fie existând dintotdeauna sub forma unui peisaj pustiu, fie să fi fost create în acelaşi timp cu oamenii.

Nu toţi au fost însă încântaţi de ideea că lumea a avut un început. De exemplu, Aristotel, cel mai faimos dintre filosofii greci, credea că lumea a existat

dintotdeauna. Ceva etern se apropie mai mult de perfecţiune decât ceva creat. El a argumentat că motivul pentru care vedem încă omenirea progresând era legat de faptul că inundaţiile sau alte dezastre naturale au întors deseori civilizaţia la începuturile ei. Motivul pentru care el favoriza ideea unui univers etern era dorinţa de a evita invocarea intervenţiei divine care ar fi creat şi ar fi făcut să funcţioneze universul. Pe de altă parte, cei ce credeau că universul a avut un început au utilizat acest lucru ca argument pentru existenţa lui Dumnezeu în calitate de cauză primă sau prim mişcător.

Atunci când crezi că universul a avut un început, trebuie să te întrebi, evident, ce anume s-a întâmplat înainte de acel început. Ce anume făcea Dumnezeu înainte de începutul lumii? Pregătea iadul pentru cei ce pun astfel de întrebări? Filosoful german Immanuel Kant s-a preocupat foarte mult de întrebarea dacă universul a avut sau nu un început. A simţit că o astfel de teză cuprindea contradicţii sau, cum le numea el, antinomii. Dacă universul avea un început, de ce a fost nevoie de un timp infinit înainte să înceapă să existe? A numit teză această poziţie. Pe de altă parte, dacă universul exista dintotdeauna, de ce a avut nevoie de un timp infinit pentru a ajunge aici? A numit această poziţie antiteză. Atât teza, cât şi antiteza depindeau de

asumpţia lui Kant că timpul era absolut. Adică curgea dinspre trecutul infinit către viitorul infinit, independent de un univers care ar putea sau nu să existe.

Asta este imaginea care există încă în mintea multor oameni de ştiinţă. Totuşi, în 1915, Einstein a publicat revoluţionara sa teorie a relativităţii. În cadrul teoriei, spaţiul şi timpul nu mai erau considerate fixe, nu mai alcătuiau un fundal neschimbat al experienţei. Deveniseră în schimb cantităţi dinamice care erau modelate de materia şi energia universului. Ele erau definite doar în interiorul universului, aşa că nu avea sens să se vorbească de un timp de dinainte de apariţia lui. E ca şi cum ai cere să stabilim un pol sud mai jos de Polul Sud. Un astfel de punct nu poate fi definit.

Deşi teoria lui Einstein lega spaţiul şi timpul, ea nu ne spunea prea multe despre spaţiu. Un lucru care pare evident cu privire la spaţiu este faptul că se întinde la infinit. Nu ne aşteptăm ca universul să se sfârşească într-un zid de cărămidă, deşi nu există niciun motiv logic necesar pentru care nu s-ar putea întâmpla asta. Instrumente moderne precum telescopul Hubble ne permit să aruncăm o privire foarte departe în spaţiu. Ceea ce vedem sunt miliarde de galaxii de diferite forme şi mărimi. Vedem galaxii eliptice uriaşe şi galaxii spirale precum a noastră. Fiecare galaxie conţine

miliarde şi miliarde de stele, multe dintre ele fiind orbitate de planete precum a noastră. Galaxia noastră ne împiedică să privim în anumite direcţii, dar, dacă facem abstracţie de asta, observăm că galaxiile sunt distribuite aproape uniform în spaţiu, având anumite concentrări locale despărţite de regiuni de vid. Densitatea galaxiilor pare să scadă la distanţe mari, dar asta s-ar putea să se întâmple pentru că sunt atât de îndepărtate şi de neclare încât ne putem da seama exact. Din ce putem vedea, universul se întinde la nesfârşit şi este la fel oricât de mult s-ar întinde.

Cu toate că universul pare să identic în fiecare dintre punctele sale, putem spune cu certitudine că se schimbă în timp. Acest lucru nu a fost cunoscut până în primii ani ai secolului trecut. Până atunci s-a crezut că universul e esenţialmente neschimbat, că existase dintotdeauna, deşi asta părea să ducă la concluzii absurde. Dacă stelele ar fi emis căldură dintotdeauna, ele ar fi trebuit să încălzească universul până când acesta ar fi ajuns la temperatura lor. Chiar şi în timpul nopţii, cerul întreg ar fi la fel de strălucitor precum Soarele, pentru că la orizont privirea ar cădea întotdeauna fie pe o stea, fie pe un nor de praf care a fost încălzit până la temperatura stelelor. Aşadar observaţia pe care o putem face cu toţii, şi anume că cerul nopţii este întunecat, este importantă. Ea implică

faptul că universul nu ar fi putut exista dintotdeauna în forma în care îl vedem astăzi. Ceva s-a întâmplat în trecutul finit astfel încât stelele să înceapă să strălucească. Aşa se poate explica faptul că lumina de la cele mai îndepărtate stele nu a avut încă timp să ajungă la noi. Astfel înţelegem de ce cerul nu străluceşte noaptea în toate direcţiile.

Dacă stelele au existat dintotdeauna, de ce au început brusc să lumineze acum câteva miliarde de ani? Cine le-a spus că a venit momentul să strălucească? Întrebarea asta i-a tulburat pe acei filosofi care credeau, precum Kant, că universul a existat dintotdeauna. Dar, pentru cei mai mulţi oameni, se potrivea cu ideea că universul, aşa cum arată el astăzi, a fost creat cu doar câteva mii de ani în urmă, concluzie la care ajunsese arhiepiscopul Ussher. Pe la 1920, odată cu observaţiile făcute cu un telescop de 250 cm pe muntele Wilson, au început totuşi să apară voci împotriva acestei teorii. Înainte de toate, Edwin Hubble a descoperit că multe dintre petele slabe de lumină, numite nebuloase, erau de fapt galaxii, ansambluri uriaşe de stele precum Soarele nostru, dar aflate la o distanţă foarte mare. Pentru ca lumina de la ele să apară atât de slabă, ar fi trebuit să se afle atât de departe încât să fie nevoie de milioane sau chiar miliarde de ani pentru ca razele lor să ajungă la noi. Asta a arătat că începutul universului

nu ar fi avut cum să se petreacă cu doar câteva mii de ani în urmă.

Dar al doilea lucru pe care l-a descoperit Hubble a fost încă şi mai remarcabil. Analizând lumina care provenea de la alte galaxii, Hubble a putut să determine dacă acestea se îndepărtau sau se apropiau de noi. Spre marea sa surprindere, a descoperit că aproape toate se îndepărtau de noi. Mai mult, cu cât erau mai departe, cu atât se îndepărtau mai repede. Cu alte cuvinte, universul se extinde. Galaxiile se îndepărtează una de alta.

Descoperirea expansiunii universului a fost una dintre revoluţiile intelectuale majore ale secolului XX. A fost o surpriză absolută, care a schimbat modul în care se discuta despre originea universului. Dacă galaxiile se îndepărtează, atunci trebuie că au fost mult mai apropiate în trecut. Dacă e să ne luăm după rata actuală de expansiune, constatăm că au fost într-adevăr foarte apropiate cam cu 10-15 miliarde de ani în urmă. Aşadar pare că universul a început atunci, cu tot ceea ce există în el aflându-se în acelaşi punct din spaţiu.

Mulţi oameni de ştiinţă nu au fost însă foarte mulţumiţi de ideea că universul ar avea un început, pentru că asta implica ideea unui moment când legile fizicii încetau să funcţioneze. Pentru a arăta cum a început universul trebuia invocată o forţă externă, care,

pentru o exprimare mai accesibilă, ar fi putut fi numită Dumnezeu. În consecinţă, aceştia au avansat teorii conform cărora universul, deşi se extinde în prezent, nu a avut totuşi un început. Una dintre aceste încercări a fost teoria universului staţionar propusă de Hermann Bondi, Thomas Gold şi Fred Hoyle în 1948.

Potrivit teoriei stării staţionare, pe măsură ce galaxiile se îndepărtau, noi galaxii se formau din materia care era creată spontan în permanenţă. În acest fel, universul ar fi existat dintotdeauna şi ar fi arătat mereu la fel. Această ultimă trăsătură avea avantajul că era o predicţie clară care putea fi testată prin observaţie. Grupul de radioastronomie de la Cambridge, sub conducerea lui Martin Ryle, a realizat la începutul anilor 1960 un studiu al surselor slabe de unde radio. Acestea erau distribuite destul de uniform pe întreg cerul, indicând că cele mai multe se aflau în afara galaxiei noastre. Sursele mai slabe se vor fi aflat în medie mai departe.

Teoria stării staţionare propunea o relaţie între numărul surselor şi intensitatea lor. Dar observaţiile arătau mai multe surse slabe decât ar fi trebuit, ceea ce sugera că densitatea surselor trebuie să fi fost mai mare în trecut. Asta contrazicea presupunerea fundamentală a teoriei stărilor staţionare, şi anume că totul trebuia să fie la fel de-a lungul timpului. Din acest motiv şi din

altele, teoria stării staţionare a fost abandonată.

O altă cale de a evita concluzia că universul trebuie să fi avut un început a fost sugestia că în trecut a existat o fază de contracţie, dar că, din pricina rotaţiei şi a neregularităţilor locale, materia nu ar fi ajuns toată în acelaşi punct. Unele fragmente de materie nu se vor întâlni, iar universul se va extinde din nou, cu o densitate care rămâne mereu finită. Doi cercetători ruşi, Evgheni Lifşiţ şi Isaak Khalatnikov, au pretins chiar că ar fi dovedit faptul că o contracţie generală fără simetrie ar duce întotdeauna la o oscilaţie, cu o densitate care ar rămâne finită. Rezultatul a fost foarte convenabil pentru materialismul marxist-leninist, pentru că permitea evitarea unor întrebări complicate despre formarea universului. Teza lor a devenit astfel o profesiune de credinţă pentru oamenii de ştiinţă sovietici.

Eu mi-am început cercetările din cosmologie cam în momentul în care cei doi savanţi ruşi îşi publicaseră studiile care arătau că universul nu avea un început. Mi-am dat seama că aveam în faţă o întrebare foarte importantă, dar nu eram deloc convins de concluziile la care ajunseseră cei doi.

Suntem foarte obişnuiţi cu ideea că evenimentele sunt produse de alte evenimente dinaintea lor, care sunt, la rândul lor, produse de evenimente încă şi mai

vechi. Există un lanţ cauzal care se întinde la infinit în trecut. Dar să presupunem că lanţul are un început, că există un prim eveniment. Cum a apărut? Aceasta nu era o întrebare pe care prea mulţi oameni de ştiinţă voiau s-o pună. Fie încercau s-o evite, pretinzând ca ruşii sau ca susţinătorii universului staţionar că universul nu avea un început, fie susţineau că problema originii universului cădea în afara ariei de competenţă a ştiinţei, fiind mai degrabă o chestiune legată de religie sau metafizică. Eu nu cred că un om de ştiinţă ar trebui să pună vreodată problema aşa. Dacă legile ştiinţei sunt suspendate la începutul universului, ce anume ne garantează că nu vor eşua şi în alte momente? O lege nu mai este o lege dacă funcţionează din când în când. Cred că ar trebui să încercăm să înţelegem şi începutul universului plecând de la legile ştiinţei. S-ar putea să ne depăşească sarcina asta, dar măcar merită să încercăm.

Am reuşit, împreună cu Roger Penrose, să demonstrez teoreme geometrice care arătau că universul trebuie să fi avut un început dacă teoria relativităţii generale a lui Einstein era corectă şi dacă anumite condiţii rezonabile erau satisfăcute. Cum nu e uşor să aduci argumente împotriva unei teoreme matematice, în final Lifşiţ şi Khalatnikov au recunoscut că universul trebuie să fi avut un început. Deşi ideea

unui început al universului nu era agreată de comunişti, în fizică, cel puţin, ideologiile nu au putut sta vreodată în calea ştiinţei. Era nevoie de fizică pentru construirea bombei atomice, şi era important ca aceasta să funcţioneze. Ideologia sovietică a împiedicat totuşi progresul în biologie, negând adevărurile geneticii.

Cu toate că teoremele demonstrate de mine împreună cu Roger Penrose au arătat că universul trebuie să fi avut un început, ele nu ofereau prea multe informaţii despre natura acelui început. Acestea arătau că universul a început cu un big bang, moment în care întreg universul şi tot ce conţinea se afla în malaxorul unui singur punct de maximă densitate, o singularitate în spaţiu-timp. Acolo, teoria relativităţii generale a lui Einstein nu mai este valabilă şi, în consecinţă, ea nu mai poate explica cum a început universul. Rămânem, aşadar, cu ideea că a cunoaşte originea universului ar depăşi posibilităţile oferite de ştiinţă.

Dovezi observaţionale în sprijinul ideii că universul începuse într-o stare foarte densă au apărut în octombrie 1965, la doar câteva luni după ce îmi publicasem primele cercetări privind singularităţile, atunci când a fost identificată o radiaţie slabă de microunde care era răspândită peste tot în spaţiu. Aceste microunde sunt similare celor pe care le avem şi în cuptoarele noastre, dar sunt mult mai puţin

puternice. Nu ar putea să ne încălzească pizza decât până la -270,4 grade Celsius, ceea ce, de fapt, nu e suficient nici măcar ca să o decongeleze, ca să nu mai vorbim de gătit. De fapt, oricine poate observa aceste microunde de unul singur. Cei care au avut televizoare cu emisie analogică le-au văzut aproape sigur. Dacă aţi ajuns la un moment dat cu televizorul pe un canal fără semnal, trebuie să ştiţi că un mic procent din puricii de pe ecran proveneau de la acest fond de microunde. Singura interpretare rezonabilă pentru acest fond de microunde este că reprezintă radiaţii rămase de la începutul foarte dens şi fierbinte al universului. Pe măsură ce universul s-a extins, radiaţia a devenit tot mai rece, până a ajuns la rămăşiţele care abia mai pâlpâie astăzi.

Faptul că universul a început cu o singularitate nu m-a făcut fericit nici pe mine, nici pe alţii. Motivul pentru care teoria relativităţii a lui Einstein nu se verifică în preajma big bangului se leagă de faptul că este ceea ce am numit o teorie clasică. Asta înseamnă că presupune implicit ceea ce pare oricum evident pentru simţul comun, şi anume că fiecare particulă are o poziţie şi o viteză foarte bine definite. Într-o aşa-numită teorie clasică, dacă se dau poziţia şi viteza unei particule într-un anumit moment, atunci se va putea calcula starea ei la orice moment din viitor. Totuşi,

oamenii de ştiinţă au descoperit încă din primele decenii ale secolului XX că nu puteau calcula ceea ce se întâmpla atunci când interacţiunile aveau loc pe distanţe foarte mici.

Şi nu era vorba de faptul că teoriile lor nu ar fi fost bune. Oricât de bune ar fi teoriile noastre, pare să existe un anumit nivel de aleatoriu sau de hazard care nu poate fi evitat. Această idee poate fi cel mai bine exprimată sub numele de „principiul de incertitudine", formulat de Werner Heisenberg în 1927. Conform acestui principiu, viteza şi poziţia unei particule nu pot fi determinate simultan. Cu cât poziţia va fi mai bine calculată, cu atât va fi mai puţin viteza, şi viceversa.

Einstein a respins cu tărie ideea că universul ar fi fost guvernat de întâmplare. Şi-a exprimat părerea prin acel celebru „Dumnezeu nu dă cu zarul". Dar toate dovezile indică faptul că lui Dumnezeu îi plac destul de mult jocurile de noroc. Universul pare un imens cazinou în care zarurile sunt aruncate şi ruletele se întorc cu fiecare ocazie. Proprietarul unui cazinou riscă să piardă bani de fiecare dată când sunt aruncate zarurile sau ruleta se învârte. Dar, după un număr suficient de mare de jocuri, cele câştigătoare şi cele pierzătoare ajung să se egalizeze, iar proprietarul cazinoului face în aşa fel încât să se asigure că va câştiga. De aceea proprietarii de cazinouri sunt atât de bogaţi. Singura şansă pentru a

câştiga împotriva lor este să-ţi pui toţi banii pe doar câteva aruncări norocoase de zaruri sau rotiri fericite de ruletă.

Acelaşi lucru se întâmplă şi cu universul. Atunci când universul e mare, există un număr uriaş de aruncări de zaruri, iar rezultatele aruncărilor se nivelează până când se ajunge la ceva predictibil. Dar când universul este foarte mic, în preajma big bangului, există doar un mic număr de aruncări de zaruri, iar principiul de incertitudine devine foarte important. Pentru a putea înţelege cum anume a început universul, va trebui să integrăm principiul de incertitudine în teoria relativităţii generale a lui Einstein. Aceasta a fost o mare provocare pentru fizica teoretică în ultimii treizeci de ani. Nu am rezolvat până acum acest lucru, dar am făcut progrese remarcabile.

Imaginaţi-vă că încercăm să prezicem viitorul. Pentru că nu cunoaştem decât combinaţii ale vitezei şi poziţiei particulelor, nu putem face predicţii precise cu privire la viteza şi poziţia lor luate în parte. Putem doar asocia probabilităţi anumitor combinaţii de viteză şi poziţie. Există o anumită probabilitate pentru un anumit viitor al universului. Acum să ne imaginăm că încercăm să înţelegem trecutul în acelaşi fel.

Dată fiind natura observaţiilor pe care le putem face acum, tot ce stă în puterea noastră este să atribuim o

probabilitate unei anumite istorii a universului. Astfel, universul ar putea avea mai multe istorii posibile, fiecare cu un anumit grad de probabilitate. Există o istorie a universului în care Anglia va câştiga încă o dată Cupa Mondială la fotbal, deşi probabilitatea va fi cu siguranţă mică. Ideea că universul are mai multe istorii posibile poate suna ştiinţifico-fantastic, dar este astăzi acceptată ca fapt ştiinţific. Acest lucru i-l datorăm lui Richard Feynman, care a lucrat la prestigiosul institut Caltech şi care cânta uneori la tobe bongo într-un bar de striptease. Feynman a încercat să arate cum funcţionează lucrurile atribuind fiecărei istorii particulare o anumită probabilitate, apoi s-a folosit de această idee pentru a face predicţii. Metoda funcţionează incredibil de bine pentru a prezice viitorul. Putem presupune că funcţionează de asemenea în privinţa trecutului.

Oamenii de ştiinţă lucrează în acest moment pentru a combina teoria relativităţii generale a lui Einstein şi ideea istoriilor multiple a lui Feynman într-o teorie unitară, care să explice tot ce se întâmplă în univers. Teoria unificată ne va permite să arătăm cum va evolua universul în viitor dacă îi cunoaştem starea într-un moment anume. Dar ea nu ne va spune cum a început universul sau care a fost starea lui iniţială. Pentru asta vom avea nevoie de ceva în plus. Avem nevoie de ceea

ce vom numi condiţii la limită, elemente care să ne spună cum arătau lucrurile la frontierele universului, la marginea spaţiului şi a timpului. Dacă frontiera universului ar fi doar un punct obişnuit al spaţiului şi timpului, atunci am putea trece de el şi am putea spune că ceea ce e dincolo este doar o altă parte a universului. Pe de altă parte, dacă limita universului ar fi doar o margine extremă în care timpul şi spaţiul ar înceta să existe, densitatea fiind infinită, atunci ar fi foarte greu să definim aceste condiţii de frontieră. Aşa că nu este deloc clar de ce condiţii la limită este nevoie. Pare că nu există niciun motiv logic pentru a prefera anumite condiţii la limită în detrimentul altora.

Totuşi, Jim Hartle de la Universitatea din California, Santa Barbara, şi cu mine ne-am dat seama că există şi o a treia posibilitate. Poate că universul nu are de fapt graniţe în timp şi spaţiu. La o primă vedere, asta pare să vină în contradicţie cu teoremele geometrice pe care le-am menţionat mai devreme. Acestea arată că universul trebuie să fi avut un început, o limită în timp. Cu toate astea, trebuie spus că, pentru a face ca teoria lui Feynman să fie bine definită din punct de vedere matematic, matematicienii au introdus conceptul de timp imaginar. Nu seamănă în vreun fel cu timpul real pe care îl cunoaştem. E un truc matematic creat pentru a face calculele să funcţioneze şi care înlocuieşte timpul

real. Ideea noastră a fost aceea că nu există graniţe în timpul imaginar. Asta permitea să nu mai fie necesar să inventăm condiţii la limită. Am numit ipoteza noastră „ipoteza universului fără graniţe”.

Dacă condiţia universului fără graniţe este aceea că nu are limite în timpul imaginar, atunci nu va exista o singură istorie. Există foarte multe posibilităţi în timpul imaginar şi fiecare dintre ele va determina o istorie în timpul real. Aşadar avem de-a face cu un număr foarte mare de istorii ale universului. Ce anume face ca istoria aşa cum o cunoaştem, sau istoriile în care trăim, să fie aleasă dintre toate cele posibile?

Un lucru pe care l-am remarcat imediat a fost că multe dintre aceste istorii ale universului nu ar duce la etapa în care se formează galaxii şi stele, necesare pentru evoluţia noastră. Nu e exclus ca fiinţele inteligente să evolueze fără să existe galaxii sau stele, dar lucrul pare puţin probabil. Astfel, simplul fapt că trăim ca fiinţe inteligente, care pot să întrebe „de ce e universul alcătuit în acest fel”, reprezintă în sine o constrângere, pentru că ne limitează la un mic ansamblu de istorii în care apar galaxiile şi stelele. Acesta este un exemplu de formulare a principiului antropic. Principiul antropic spune că universul trebuie să fie într-o măsură mai mare sau mai mică exact aşa cum este, pentru că, dacă ar fi altfel, atunci nu ar exista

nimeni care să-l observe.

Mulţi oameni de ştiinţă nu sunt de acord cu principiul antropic, fiindcă pare doar cu puţin mai mult decât o conjectură convenabilă şi pentru că are o foarte mică putere predictivă. Dar principiului antropic i se poate da o definiţie precisă, şi se poate dovedi esenţial atunci când discutăm despre originea universului. Teoria M, care este cel mai bun candidat pentru o teorie unificată, permite un mare număr de istorii posibile ale universului. Multe dintre aceste istorii sunt incompatibile cu dezvoltarea vieţii inteligente. Fie vor fi universuri pustii, fie vor dura prea puţin, fie vor avea o curbură prea mare, fie vor fi în alt fel greşit alcătuite. Totuşi, conform teoriei lui Richard Feynman a istoriilor multiple, multe dintre aceste universuri ar putea avea un grad mare de probabilitate.

De fapt, nu ne interesează prea mult câte istorii care nu implică existenţa unor fiinţe inteligente pot exista. Ne interesează doar submulţimea istoriilor în care viaţa inteligentă se dezvoltă. Nu era necesar ca viaţa inteligentă să se prezinte sub formă umană. Omuleţii verzi s-ar fi descurcat la fel de bine. Ba chiar cred că s-ar fi descurcat mult mai bine. Specia umană nu are reputaţia unui comportament foarte inteligent.

Pentru a exemplifica forţa principiului antropic, să ne gândim la dimensiunile care pot exista în spaţiu.

Experienţa comună ne arată că trăim într-un spaţiu tridimensional. Asta înseamnă că putem reprezenta poziţia unui punct în spaţiu prin trei coordonate. De exemplu, latitudinea, longitudinea şi altitudinea faţă de nivelul mării. Dar de ce este spaţiul alcătuit din trei dimensiuni? De ce nu din două, sau patru, sau orice alt număr, aşa cum vedem în filmele science-fiction? Teoria M presupune de fapt zece dimensiuni (plus o dimensiune temporală), dar se pare că şapte dintre ele sunt încolăcite la scară foarte mică, lăsând vizibile doar trei dimensiuni, care sunt macroscopice şi aproape plate. Ca în cazul unui pai de băut. Paiul este bidimensional. Totuşi, una dintre dimensiuni este încolăcită sub forma unui cerc mic, aşa încât, de la distanţă, va arăta ca o linie unidimensională.

Ce anume a existat înainte de big bang?

Conform teoriei universului fără graniţe, întrebarea este lipsită de sens – e ca şi cum ai întreba ce este mai la sud de Polul Sud pentru că nu există nicio noţiune validă a timpului la care să ne putem referi. Conceptul de timp există doar în universul nostru.

De ce nu trăim oare într-o istorie în care opt dimensiuni să fie încolăcite la scară mică, astfel încât doar două dimensiuni să fie vizibile? Un animal

bidimensional ar reuşi doar foarte greu să digere mâncarea. Dacă ar avea un colon transversal, aşa cum avem noi, ar fi împărţit în două şi nu ar putea supravieţui. Aşadar două dimensiuni nu sunt suficiente pentru ceva atât de complex ca viaţa inteligentă. Există ceva special cu privire la spaţiile tridimensionale. În aceste tipuri de spaţiu, planetele pot avea orbite stabile în jurul stelelor. Aceasta este o consecinţă a legii descoperite de Robert Hooke în 1665 şi elaborate de sir Isaac Newton conform căreia gravitaţia variază în raport cu inversul pătratului distanţei. Gândiţi-vă puţin la felul în care se atrag două corpuri aflate la o anumită distanţă unul de celălalt. Dacă distanţa se dublează, forţa de atracţie dintre corpuri se divide cu patru. Dacă distanţa se triplează, atunci forţa se divide cu nouă ş.a.m.d. asta face ca orbitele planetare să fie stabile. Să ne gândim apoi la un spaţiu cu patru dimensiuni. Acolo, corpurile ar asculta de o lege a inversului la cub al distanţei. Dacă distanţa dintre două corpuri s-ar dubla, atunci forţa dintre ele s-ar reduce de opt ori, dacă s-ar tripla, s-ar reduce de douăzeci şi şapte de ori, şi de şaizeci şi patru de ori dacă distanţa ar deveni de patru ori mai mare. O astfel de lege ar împiedica planetele să aibă orbite stabile în jurul Soarelui. Fie ar cădea pe Soare, fie ar ajunge în întunericul spaţiului. De asemenea, orbitele

electronilor nu ar fi stabile în interiorul atomilor, aşadar materia, aşa cum o cunoaştem, nu ar exista. Prin urmare, deşi ipoteza istoriilor multiple ar permite oricâte dimensiuni plate, doar în universurile tridimensionale pot exista fiinţe inteligente. Doar în asemenea universuri se va auzi întrebarea: de ce are spaţiul trei dimensiuni?

O trăsătură remarcabilă a universului în care trăim se referă la radiaţia cosmică de fond care a fost descoperită de Arno Penzias şi Robert Wilson. Aceasta este în realitate o dovadă fosilă a felului în care arăta universul la început şi arată practic la fel în orice direcţie ai privi. Diferenţa dintre diferitele direcţii este de o parte din 100.000. Aceste diferenţe sunt incredibil de mici, iar asta necesită o explicaţie. Explicaţia general acceptată a acestei omogenităţi este că, foarte devreme în istoria sa, universul a trecut printr-o fază de expansiune rapidă, în care factorul de creştere a fost de cel puţin un miliard de miliarde de miliarde de ori. Acest proces se numeşte „inflaţie" şi a fost benefic, spre deosebire de inflaţia preţurilor, care ne aduce adeseori atâtea probleme. Dacă n-ar fi existat decât inflaţie, radiaţia cu microunde ar fi fost exact la fel în toate direcţiile. Aşadar de unde au apărut discrepanţele?

La începutul anului 1982, am scris un articol prin care sugeram că aceste discrepanţe ar fi apărut în urma

fluctuaţiilor cuantice din timpul perioadei inflaţionare. Fluctuaţiile cuantice apar ca rezultat al principiului de incertitudine. Mai mult, ele au stat la baza structurilor pe care le vedem azi: galaxiile, stelele şi noi înşine. Această idee propune practic acelaşi mecanism ca în cazul radiaţiei Hawking emise de la orizontul găurii negre şi pe care o prezentasem cu un deceniu înainte, doar că acum vorbim despre un orizont cosmologic, suprafaţa care a împărţit universul într-o regiune pe care o putem vedea şi o altă regiune pe care nu o putem vedea. Am ţinut un seminar la Cambridge în vara aceea, la care au fost prezente mai toate numele mari din domeniul nostru. Cu acea ocazie, au fost stabilite mai toate caracteristicile majore ale inflaţiei aşa cum o înţelegem azi, inclusiv variaţiile importante de densitate, care au dus la formarea galaxiilor şi, în consecinţă, la propria noastră existenţă. Mai mulţi savanţi au contribuit la formularea răspunsului final. Asta se întâmpla cu zece ani înainte ca satelitul COBE să descopere, în 1993, fluctuaţii în radiaţia cosmică de fond, aşa că, în acest caz, putem spune că teoria a luat-o înaintea experimentului.

Cosmologia avea să devină o ştiinţă exactă zece ani mai târziu, în 2003, odată furnizate datele de la satelitul WMAP. WMAP a produs o hartă minunată a temperaturii radiaţiei cosmice de fond, o poză la minut

a universului când avea doar 400.000 de ani. Neomogenităţile pe care le vedem sunt prezise de teoria inflaţiei şi arată că anumite regiuni ale universului au o densitate puţin mai mică decât altele. Atracţia gravitaţională exercitată de zonele cu densitate mai mare încetineşte expansiunea acelei regiuni şi poate duce în cele din urmă la formarea de stele şi galaxii. Să privim cu atenţie harta radiaţiei cosmice de fond. Putem vedea aici schiţa tuturor structurilor universului. Suntem produsul fluctuaţiilor cuantice de la începutul universului. Dumnezeu chiar dă cu zarul.

Astăzi avem satelitul Planck, care oferă o hartă a universului la o rezoluţie mult mai mare decât WMAP. Acest satelit cercetează cât se poate de serios universul şi ar putea detecta chiar undele gravitaţionale care sunt prezise de inflaţie. Asta ar însemna o confirmare pentru teoria gravitaţiei cuantice scrisă pe cerul întreg.

Ar putea exista şi alte universuri. Teoria M prezice faptul că multe universuri au fost create din nimic, conform cu istoriile posibile. Fiecare univers are multe istorii posibile şi multe stări prin care trece pe măsură ce îmbătrâneşte. Multe dintre aceste stări vor arăta altfel decât universul pe care îl vedem.

Există încă speranţa că vom vedea primele dovezi care susţin Teoria M la acceleratorul LHC (Large Hadron Collider) de la CERN, Geneva. Din perspectiva

Teoriei M, acceleratorul operează la energii foarte mici, dar am putea avea noroc să detectăm la un moment dat semnale slabe care să confirme teoria fundamentală, cum ar fi supersimetria. Cred că eventuala descoperire a particulelor supersimetrice în raport cu particulele cunoscute ar revoluţiona modul în care înţelegem universul.

În 2012, a fost anunţată descoperirea bosonului Higgs la acceleratorul LHC de la CERN, Geneva. A fost prima particulă elementară descoperită în secolul XXI. Există în continuare anumite speranţe că acceleratorul va descoperi supersimetria. Dar, chiar dacă la LHC nu vor fi descoperite noi particule, supersimetria ar putea fi descoperită de noua generaţie de acceleratoare care sunt în acest moment proiectate.

Începutul universului ca urmare a unui big bang fierbinte este în acest moment cel mai bun test de laborator pentru testarea Teoriei M şi a ideilor noastre cu privire la structurile elementare ale spaţiului-timp şi materiei. Teoriile diferite lasă în urmă amprente diferite în structura actuală, astfel că datele astrofizice pe care le obţinem ne pot da indicii cu privire la unificarea forţelor naturii. Ar putea exista de asemenea şi alte universuri, dar din nefericire nu vom putea niciodată să le explorăm.

Astfel, am aflat câte ceva despre originea universului.

Dar rămân în urmă două întrebări fără răspuns. Se va termina universul? Este el unic?

Care va fi, aşadar, în viitor comportamentul celor mai probabile istorii ale universului? Par să existe mai multe posibilităţi care sunt compatibile cu apariţia fiinţelor inteligente. Aceste posibilităţi depind de cantitatea de materie care există în univers. Dacă există mai mult decât o anumită cantitate critică, atracţia gravitaţională va încetini expansiunea.

În cele din urmă, materia va începe să se comprime şi va ajunge ca totul să se sfârşească într-o mare implozie. Acela ar fi sfârşitul istoriei universului în timp real. Când am fost în Orientul îndepărtat, am fost rugat să nu spun nimic despre marea implozie din pricina efectului pe care l-ar fi putut avea asupra pieţelor. Dar pieţele s-au prăbuşit oricum, prin urmare mă gândesc că povestea a răsuflat cumva. În Marea Britanie, oamenii nu par prea îngrijoraţi cu privire la un eveniment care ar urma să se întâmple peste aproximativ 20 de miliarde de ani. E destul timp pentru mâncăruri, băuturi şi clipe frumoase până atunci.

Dacă, dimpotrivă, densitatea universului este sub o anumită valoare critică, gravitaţia va fi prea slabă pentru a împiedica galaxiile să se îndepărteze una de alta pentru totdeauna. Toate stelele îşi vor epuiza rezervele, iar universul va deveni un loc pustiu şi tot

mai rece. Aşadar, lucrurile se vor sfârşi de asemenea, dar într-o manieră mai puţin spectaculoasă. Tot ne mai rămân câteva miliarde de ani.

Am încercat să arăt aici câte ceva cu privire la originea, viitorul şi natura acestui univers. Universul din trecut a fost mic şi dens, prin urmare seamănă binişor cu acea coajă de nucă pe care am pomenit-o la începutul capitolului. Şi totuşi în această nucă regăsim germenii a tot ceea ce se va întâmpla în timpul real. Hamlet avea, aşadar, dreptate. Am putea fi captivi într-o coajă de nucă şi ne-am putea simţi stăpânii întregului univers.

3. Există şi altă viaţă inteligentă în univers?

Aş vrea să lansez câteva ipoteze cu privire la dezvoltarea vieţii din univers şi în special cu privire la dezvoltarea vieţii inteligente. Am să iau în considerare aici şi specia umană, deşi, în cea mai mare parte a istoriei ei, s-a comportat destul de prosteşte şi nu a fost prea preocupată de supravieţuirea speciei. Două chestiuni pe care aş vrea să le discut se referă la probabilitatea ca viaţa să existe şi în alte zone din univers şi la modurile în care viaţa s-ar putea dezvolta în viitor.

E o observaţie de bun-simţ că lucrurile devin tot mai

dezorganizate şi mai haotice cu timpul. Această observaţie este chiar susţinută de o lege proprie, numită legea a doua a termodinamicii. Această lege spune că dezordinea, sau entropia, universului creşte în permanenţă. Totuşi, legea se referă doar la cantitatea totală de dezordine. Ordinea care este generată într-un organism nu poate fi produsă decât generând o cantitate mai mare de dezordine în mediul înconjurător.

Asta se întâmplă cu o fiinţă vie. Putem defini viaţa ca pe un sistem ordonat care se menţine în funcţiune în pofida tendinţei spre dezordine şi care se poate reproduce. Adică poate produce sisteme ordonate similare, dar independente. Pentru a face aceste lucruri, sistemul trebuie să transforme energia dintr-o formă ordonată – precum hrana, lumina soarelui sau energia electrică – în energie dezordonată sub forma căldurii. Astfel, sistemul poate satisface exigenţa creşterii dezordinii totale în acelaşi moment în care creşte nivelul de ordine la sine şi la progeniturile sale. E aproape ca în cazul unor părinţi care îşi văd casa întoarsă cu susul în jos cu fiecare copil care se naşte.

O fiinţă vie ca mine sau ca voi se bazează de obicei pe două lucruri: un set de instrucţiuni care îi spune sistemului cum să supravieţuiască şi să se reproducă şi un mecanism care să execute aceste instrucţiuni. În

biologie, aceste două elemente se numesc gene şi metabolism. Dar ar trebui subliniat că s-ar putea ca ele să nu aibă nimic biologic. De exemplu, un virus informatic este un program care îşi va face singur copii în memoria unui computer şi le va răspândi la alte computere. Aşadar se potriveşte cu definiţia sistemelor vii aşa cum am formulat-o. La fel ca un virus biologic, e mai degrabă o formă degenerată, pentru că el conţine de fapt doar instrucţiuni sau gene şi nu are un metabolism propriu. Pentru a compensa asta, el reprogramează metabolismul organismului gazdă, sau celula. Unii cercetători s-au întrebat dacă virusurile ar trebui considerate forme de viaţă, întrucât sunt paraziţi şi nu pot exista în afara gazdelor lor. Dar multe alte forme de viaţă, printre care ne numărăm şi noi, se hrănesc din şi depind de alte forme de viaţă. Eu cred că şi viruşii informatici ar trebui consideraţi forme de viaţă. Poate că spune ceva despre noi faptul că singura formă de viaţă pe care am putut s-o creăm până acum este pur distructivă. Vorbim despre viaţă după chipul şi asemănarea noastră. Voi reveni mai târziu la formele de viaţă electronică.

Ceea ce numim de obicei „viaţă" se bazează pe lanţuri de atomi de carbon, cu câţiva atomi diferiţi, cum ar fi azotul şi fosforul. Unii spun că ar putea exista şi alte forme de viaţă bazate pe alţi compuşi chimici, cum

ar fi siliciul, dar carbonul rămâne cel mai favorabil element, pentru că are cele mai bogate proprietăţi chimice. Pentru ca atomii de carbon să existe aşa cum sunt, cu proprietăţile pe care le au, este nevoie de un reglaj fin al constantelor fizice cum ar fi scala cromodinamică, sarcina electrică şi dimensiunea spaţio-temporală. Dacă aceste constante ar fi avut valori semnificativ diferite, nucleele atomilor de carbon nu ar fi stabile sau electronii ar cădea pe nucleu. La prima vedere, pare remarcabil că universul beneficiază de un reglaj atât de fin. Poate că aceasta este dovada că a fost creat cu scopul de a produce rasa umană. Trebuie totuşi să fim reticenţi faţă de astfel de argumente pentru că există principiul antropic, potrivit căruia teoriile despre univers trebuie să fie compatibile cu existenţa noastră. Asta se bazează pe adevărul de netăgăduit că, dacă universul nu ar fi fost potrivit pentru a susţine viaţa, noi nu ne-am fi întrebat de ce este atât de bine acordat. Principiul antropic se poate aplica atât în versiunea sa tare, cât şi în cea slabă. În cazul principiului antropic tare se presupune că există mai multe universuri distincte, fiecare având constante fizice de valori diferite. În număr mic, aceste valori vor permite apariţia unor elemente cum ar fi atomii de carbon, care sunt cărămizile ce stau la baza sistemelor vii. Din moment ce locuim într-unul din aceste

universuri, n-ar trebui să ne mire că aceste constante fizice sunt atât de fin acordate. Dacă ar fi fost altfel, noi n-am mai fi fost aici. Astfel că forma tare a principiului antropic nu ne mulţumeşte pe deplin, fiindcă apare întrebarea: ce sens ar putea avea toate celelalte universuri? Mai degrabă voi adopta ceea ce poartă numele de principiul antropic slab. Cu alte cuvinte, voi prelua ca atare constantele valorilor fizice. Dar voi vedea ce concluzii se pot trage din faptul că există viaţă pe această planetă în acest moment din istoria universului.

Nu exista carbon la începutul universului, în momentul big bangului, acum 13,8 miliarde de ani. Totul era atât de fierbinte, încât materia exista sub forma unor particule numite protoni şi neutroni. Iniţial, protonii şi neutronii erau prezenţi în cantităţi egale. Pe măsură ce universul s-a extins, el s-a şi răcit. După aproximativ un minut de la big bang, temperatura a scăzut la 1 miliard de grade, care este cam de o sută de ori temperatura din interiorul Soarelui. La această temperatură neutronii se dezintegrează în protoni.

Dacă s-ar fi întâmplat doar asta, toată materia din univers ar fi sfârşit prin a fi formată dintr-un singur element, hidrogenul, al cărui nucleu este format dintr-un singur proton. Totuşi, unii neutroni s-au ciocnit cu protonii, unindu-se şi formând nucleul

următorului element, heliul, care are doi protoni şi doi neutroni. Dar elemente mai grele, precum carbonul sau oxigenul, nu s-ar fi format la începutul universului. E greu să ne imaginăm că s-ar putea crea un sistem viu numai din hidrogen şi heliu – şi, oricum, universul era la început prea fierbinte pentru ca atomii să se combine în molecule.

Universul a continuat să se extindă şi să se răcească. Dar anumite regiuni au avut densităţi puţin mai mari decât altele, iar gravitaţia materiei suplimentare din acele regiuni a încetinit expansiunea lor şi a oprit-o în cele din urmă. Astfel, materia din aceste regiuni a dus la apariţia galaxiilor şi stelelor, la aproximativ două miliarde de ani după big bang. La început, unele stele trebuie să fi fost mai masive şi mai fierbinţi decât Soarele nostru şi ar fi dus la apariţia unor elemente mai grele, precum carbonul, oxigenul şi fierul, prin topirea hidrogenului şi heliului. Procesul nu a durat decât vreo sută de milioane de ani. După asta, unele stele au explodat sub forma unor supernove şi au împrăştiat în spaţiu elementele grele, care au alcătuit materia primă pentru următoarea generaţie de stele.

Alte stele sunt prea departe de noi pentru a putea observa direct dacă există planete care le orbitează. Există totuşi două tehnologii care ne permit să detectăm prezenţa unor planete în jurul stelelor. Prima

presupune să privim steaua şi să vedem dacă lumina care provine de la ea vine într-un flux continuu. Dacă o planetă se mişcă prin faţa unei stele, atunci lumina care vine de la stea va fi obturată uşor. Steaua va licări puţin. Dacă asta se întâmplă regulat, atunci putem trage concluzia că o planetă ia constant din lumina stelei când trece prin faţa ei. O a doua metodă constă în a măsura corect poziţia stelei. Dacă o planetă orbitează steaua, atunci îi va induce acesteia o mică oscilaţie. Ea poate fi observată şi, dacă este o oscilaţie regulată, vom putea deduce că o planetă orbitează respectiva stea. Aceste metode au fost aplicate pentru prima oară în urmă cu douăzeci de ani, şi de atunci au fost descoperite câteva mii de planete care care orbitează în jurul unor stele îndepărtate. Se estimează că o stea din cinci are o planetă precum Pământul care o orbitează la o distanţă compatibilă cu viaţa aşa cum o cunoaştem. Sistemul nostru solar s-a format cu aproximativ 4,5 miliarde de ani în urmă, sau cu ceva mai mult de 9 miliarde de ani după big bang, din nori de gaz contaminaţi cu rămăşiţe de la alte planete. Pământul s-a format în mare parte din elemente mai grele, printre care carbonul şi oxigenul. Cumva, aceşti atomi au ajuns să se dispună sub forma unor molecule de ADN. Aceasta are celebra structură de dublu helix care a fost descoperită în 1950 de către Francis Crick şi James

Watson într-o cabană aflată pe locul Noului Muzeu de la Cambridge. Bazele azotate sunt cele care leagă cele două lanţuri în forma unui helix. Există patru tipuri de baze azotate – adenina, citozina, guanina şi timina. Adenina se împerechează întotdeauna cu o timină de pe celălalt lanţ, iar citozina cu guanina. Astfel, o secvenţă de pe un lanţ determină o secvenţă unică şi complementară pe lanţul celălalt. Fiecare lanţ se poate separa de celălalt şi poate servi de tipar pentru a construi alte lanţuri. Moleculele de ADN pot astfel reproduce informaţia genetică prin intermediul bazelor azotate. Secvenţele din lanţuri pot servi pentru a produce proteine şi alte substanţe chimice care pot duce mai departe informaţiile codificate de acele secvenţe şi poate produce materia brută prin care ADN-ul să se reproducă.

După cum am spus mai devreme, nu ştim cum au apărut moleculele de ADN. Cum şansele ca moleculele de ADN să apară prin fluctuaţii întâmplătoare sunt foarte mici, unii au sugerat că viaţa ar fi putut apărea pe Pământ venind din altă parte – de exemplu, din roci care s-au desprins de pe Marte când planetele erau încă instabile – şi că există seminţe de viaţă peste tot în jurul nostru în galaxie. Totuşi, e puţin probabil ca ADN-ul să fi supravieţuit prea mult în radiaţiile din spaţiu.

Dacă apariţia vieţii pe o planetă nu a fost foarte

probabilă, ne-am putea aştepta să fi durat foarte mult. Mai exact, ne-am putea aştepta ca viaţa să fi apărut foarte târziu, dar să fi existat suficient timp ca să se producă evoluţia fiinţelor inteligente, ca noi, înainte ca Soarele să se mărească şi să cuprindă Pământul. Fereastra de timp în care s-ar fi putut întâmpla asta este egală aproximativ cu durata de viaţă a Soarelui nostru, aproximativ zece miliarde de ani. În acest răstimp, o fiinţă inteligentă va trebui să ajungă să stăpânească călătoria în spaţiu şi să poată ajunge pe o altă planetă. Dacă plecarea aceasta nu este posibilă, atunci suntem condamnaţi.

Există dovezi fosile că acum trei miliarde şi jumătate de ani exista pe Pământ o formă de viaţă. Asta s-ar putea să se fi întâmplat cu aproximativ 500 de milioane de ani după ce Pământul a devenit stabil şi suficient de rece pentru ca viaţa să se dezvolte. Dar vieţii i-ar fi putut lua şapte miliarde de ani ca să se dezvolte în univers şi tot să existe timp pentru a evolua în fiinţe ca noi, care să-şi pună întrebări despre originea vieţii. Dacă probabilitatea ca viaţa să se dezvolte pe o planetă este foarte mică, de ce a apărut ea pe Pământ după numai o paisprezecime din timpul pe care l-ar fi avut la dispoziţie?

Apariţia timpurie a vieţii pe Pământ sugerează că există şanse bune ca viaţa să apară spontan dacă sunt

îndeplinite anumite condiţii. Poate că a existat o formă mai simplă de organizare de la care s-a dezvoltat ADN-ul. Odată apărut, ADN-ul a avut un succes atât de mare, încât a eliminat toate formele concurente. Nu ştim exact cum au arătat aceste forme, dar o posibilitate este ARN-ul.

ARN-ul este ca ADN-ul, numai că mai simplu şi fără structura de dublu helix. Segmentele mai scurte de AM e posibil să se fi reprodus ca acelea de ADN şi, în cele din urmă, să ajungă să formeze chiar şi ADN-ul. Nu putem reproduce acum aceşti acizi nucleici în laborator din materie lipsită de viaţă. Dar, dacă luăm în calcul cei 500 de milioane de ani şi faptul că oceanele acoperă aproape toată suprafaţa globului, aş spune că a existat o şansă rezonabilă ca ARN-ul să fi apărut din întâmplare.

Pe măsură ce ADN-ul a început să se reproducă, au apărut erori în copiere, dintre care cele mai multe s-au dovedit probabil dăunătoare şi au dispărut. Unele au fost neutre, adică nu au afectat funcţionarea genei. Câteva erori s-ar fi putut dovedi însă favorabile pentru supravieţuirea speciei – acestea ar fi fost favorizate de către teoria selecţiei naturale a lui Darwin.

Procesul evoluţiei biologice trebuie să fi fost foarte lent la început. A fost nevoie să treacă aproape 2,5 miliarde de ani ca să apară organismele pluricelulare.

Dar a fost apoi nevoie de mai puţin de un miliard de ani ca unele dintre acestea să evolueze în peşti şi pentru ca unii dintre peşti să evolueze în mamifere. Apoi evoluţia pare să fi accelerat încă şi mai mult. Nu a fost nevoie decât de o sută de milioane de ani ca să se ajungă de la primele mamifere la noi. Motivul este că primele mamifere aveau deja propriile versiuni ale organelor pe care le avem şi noi. Nu era nevoie decât de puţin reglaj fin ca să se ajungă de la aceste prime mamifere la noi.

Dar odată cu specia umană evoluţia a atins un punct critic, de o importanţă similară cu apariţia ADN-ului. Mă refer la apariţia limbajului, şi în special la apariţia limbajului scris. Asta înseamnă că informaţia putea fi transmisă de la o generaţie la alta şi altfel decât prin intermediul ADN-ului. S-au observat anumite modificări în ADN-ul uman care au fost produse de evoluţie în ultimii 10.000 de ani, dar cantitatea de cunoştinţe transmise din generaţie în generaţie a crescut extraordinar de mult. Am scris cărţi pentru a spune ce am aflat despre univers în lunga-mi carieră de om de ştiinţă, şi astfel am transferat informaţia din creierul meu pe o foaie de hârtie, pe care voi o puteţi citi.

ADN-ul dintr-un ovul uman sau din spermă conţine aproximativ 3 miliarde de perechi de baze azotate. Şi

totuşi parte din informaţia codată în această secvenţă pare să fie redundantă sau inactivă. Astfel că informaţia utilă din genele noastre este, de fapt, undeva la o sută de milioane de biţi. Un bit de informaţie dă răspunsul la o întrebare de tipul da/nu. Prin comparaţie, o pagină de roman poate să conţină două milioane de biţi de informaţie. Aşadar ADN-ul unui om este echivalent cu aproximativ cincizeci de exemplare din *Harry Potter,* iar o bibliotecă naţională poate să conţină în jur de cinci milioane de cărţi – sau zece trilioane de biţi. Cantitatea de informaţie oferită prin cărţi sau cu ajutorul Internetului este de 100.000 de ori mai mare decât cea existentă în ADN.

Mai important e faptul că informaţia din cărţi poate fi modificată şi actualizată mult mai rapid. A durat câteva milioane de ani pentru ca noi să evoluăm din primele antropoide. În tot acest răstimp informaţia relevantă din ADN-ul nostru a suferit modificări de doar câteva milioane de biţi, aşadar rata evoluţiei biologice la oameni este cam de un bit pe an. Prin comparaţie, în fiecare an se publică în jur de 50.000 de cărţi în limba engleză, cu un conţinut de informaţie de ordinul a o sută de miliarde de biţi. Evident că, în mare parte, cantitatea de informaţie este superfluă şi fără de folos vreunei forme de viaţă. Dar, chiar şi aşa, rata la care informaţia folositoare poate fi adăugată este de

milioane, dacă nu de miliarde, de ori mai mare decât cea a ADN-ului.

Putem spune că am intrat într-o nouă fază a evoluţiei. La început evoluţia avea loc prin procesul de selecţie naturală – prin mutaţii aleatorii. Această fază darwiniană a durat aproximativ 3,5 miliarde de ani şi a dus la apariţia noastră, fiinţe care au inventat limbajul pentru a transmite informaţii. Dar în ultimii 10.000 de ani ne-am aflat în ceea ce putem numi faza transmiterii externe. În această fază, bagajul *intern* de informaţii, care a fost transmis de-a lungul unui lanţ întreg de generaţii prin intermediul ADN-ului, s-a modificat într-o oarecare măsură. Dar bagajul *extern* – care există în cărţi şi în alte forme durabile de stocare – a crescut enorm.

Unii oameni folosesc termenul „evoluţie" doar pentru informaţia transmisă genetic şi se opun aplicării lui la informaţia care este stocată extern. Eu cred însă că e o viziune prea îngustă. Cred că suntem mai mult decât genele noastre. S-ar putea să nu fim mai puternici sau inerent mai inteligenţi decât strămoşii noştri care trăiau în peşteri. Dar ceea ce ne deosebeşte de ei este cunoaşterea pe care am acumulat-o în decursul ultimilor 10.000 de ani, şi în special în ultimii 300. Cred că trebuie să adoptăm o perspectivă mai largă şi să luăm în considerare nu numai ADN, ci şi informaţia

stocată extern atunci când vorbim despre evoluţia speciei umane.

Perioada la care ne raportăm cu privire la transmiterea externă de informaţii este perioada de timp necesară pentru acumularea de informaţii. Asta însemna de regulă sute sau mii de ani. Dar acum s-a redus la aproximativ cincizeci de ani sau mai puţin. Pe de altă parte, creierul cu care procesăm această informaţie a evoluat conform legilor darwiniene, în sute de mii de ani. Iar asta începe să fie o problemă. În secolul al XVIII-lea, se spune că mai existau oameni care citiseră toate cărţile scrise vreodată. Dar în acest moment, chiar dacă am citi câte o carte în fiecare zi, tot ne-ar trebui zeci de mii de ani pentru a parcurge toate volumele dintr-o bibliotecă publică naţională. Iar când vom fi terminat, multe alte cărţi vor fi fost scrise.

Prin urmare niciun om nu va putea stăpâni vreodată decât o fărâmă din cunoaşterea umană. Oamenii trebuie să se specializeze în domenii din ce în ce mai înguste. Iar asta poate fi o problemă serioasă în viitor. Cu siguranţă, nu vom putea continua prea mult timp cu această rată exponenţială de creştere a nivelului de cunoaştere din ultimii 300 de ani. O limitare şi mai evidentă şi un mare pericol pentru generaţiile următoare e faptul că avem în continuare instinctele, şi în special instinctele agresive, ale oamenilor preistorici.

Agresivitatea, care îmbracă forma subjugării sau uciderii altor oameni, precum şi instinctul de a le lua hrana sau femeile, a avut cu siguranţă până azi un rol adaptativ. Dar acum ar putea distruge întreaga specie umană şi cea mai mare parte a celorlalte forme de viaţă de pe Pământ. Un război nuclear rămâne pericolul imediat, dar mai există şi altele, cum ar fi producerea unor virusuri modificate genetic. Sau efectul de seră devenit instabil.

Nu putem aştepta ca evoluţia darwiniană să ne facă mai inteligenţi sau mai bine alcătuiţi. Intrăm acum însă într-o nouă fază a ceea ce s-ar putea numi evoluţie autoproiectată, în care vom putea să ne modificăm şi să ne îmbunătăţim ADN-ul. Am cartografiat ADN-ul, ceea ce înseamnă că am citit „cartea vieţii”, iar acum putem să începem să-i aducem îmbunătăţiri. Mai întâi, aceste schimbări vor fi limitate la repararea erorilor genetice – precum fibroza chistică sau distrofia musculară, care sunt produse de gene singulare, aşa că vor fi uşor de identificat şi corectat. Alte trăsături, precum inteligenţa, sunt controlate probabil de un număr mare de gene, aşa că va fi mai dificil să găsim soluţii pentru relaţiile dintre ele. Cu toate astea, am deplină încredere că în decursul acestui secol oamenii vor afla cum vor putea modifica inteligenţa şi instincte precum agresivitatea.

Dacă ar exista viaţă inteligentă şi în altă parte, ea ar fi similară formelor cunoscute de pe Pământ, sau ar fi diferită?

Există viaţă inteligentă pe Pământ? Serios vorbind, dacă ar exista viaţă inteligentă altundeva înseamnă că e foarte, foarte departe, pentru că altfel ne-ar fi vizitat până acum. Şi cred că ne-am fi dat seama dacă ar fi făcut-o; ar fi fost ca în filmul Ziua Independenţei.

Probabil că vor exista legi împotriva ingineriei genetice la oameni. Dar unii nu vor rezista tentaţiei de a îmbunătăţi caracteristicile umane, de exemplu capacitatea de memorie, rezistenţa la boli sau durata vieţii. Odată cu astfel de superoameni, vor apărea şi probleme politice serioase legate de oamenii neameliorați, care nu vor putea ţine pasul. Cel mai probabil vor muri sau vor deveni neimportanţi. În schimb, va exista o specie de fiinţe autoproiectate care se autoameliorează la o rată tot mai mare.

Dacă rasa umană va reuşi să se reproiecteze, să reducă sau să elimine riscul de autodistrugere, probabil se va răspândi şi va coloniza alte planete. Totuşi, călătoria de lungă durată prin spaţiu va fi dificilă pentru formele de viaţă bazate pe procese chimice – în cazul nostru, bazate pe ADN. Durata de viaţă a

acestora este scurtă în comparaţie cu timpul necesar pentru călătorie. Conform teoriei relativităţii, nimic nu poate călători mai repede decât lumina, aşa că o călătorie dus-întors până la cea mai apropiată stea ne-ar lua cel puţin opt ani, iar până în centrul galaxiei, 50.000 de ani. În literatura science-fiction, aceste dificultăţi sunt depăşite prin tot felul de soluţii ca buclele spaţiale sau călătoria prin alte dimensiuni. Dar nu cred că aceste lucruri vor fi posibile, oricât de inteligente vor deveni formele de viaţă. Conform teoriei relativităţii, dacă cineva călătoreşte mai repede decât lumina, atunci ar putea călători în timp, şi asta ar duce la posibilitatea ca oamenii să meargă în trecut şi să-l schimbe. Ne-am putea aştepta şi la mulţi turişti din viitor, curioşi în privinţa modului nostru de trai învechit şi straniu.

S-ar putea să reuşim cu ajutorul ingineriei genetice să facem ca viaţa bazată pe ADN să supravieţuiască indefinit sau cel puţin 100.000 de ani. Dar o cale mai sigură, care ne va sta în putinţă pe termen scurt, va fi să trimitem în spaţiu maşini. Acestea ar putea fi proiectate pentru a rezista suficient pentru o călătorie interstelară. Atunci când vor ajunge la o stea, vor găsi o planetă potrivită şi vor putea obţine prin minerit material pentru a construi noi maşini, ce vor putea fi trimise să caute alte stele. Aceste maşini vor fi o nouă formă de

viaţă, bazată pe componente mecanice şi electronice mai degrabă decât pe nişte macromolecule. Ar putea în cele din urmă înlocui formele de viaţă bazate pe ADN, aşa cum şi acestea au înlocuit forme de viaţă anterioare.

*

Care sunt şansele să întâlnim o formă de viaţă extraterestră în vreme ce explorăm galaxia? Dacă argumentul privind scara de timp la care viaţa a apărut pe Pământ este valid, atunci trebuie să existe multe alte stele ale căror planete adăpostesc forme de viaţă. Unele dintre aceste sisteme stelare este posibil să fi produs viaţă cu miliarde de ani înainte ca ea să apară pe Pământ, aşadar de ce nu vedem galaxia plină de forme de viaţă mecanice sau biologice autoproiectate? De ce nu a fost încă Pământul vizitat şi chiar colonizat? Apropo, nu sunt de acord cu ideea că aşa-numitele OZN-uri conţin forme de viaţă din spaţiu, pentru că eu cred că orice eventuale vizite ale extratereştrilor ar fi probabil mult mai evidente şi mult mai neplăcute.

Aşadar de ce nu am fost vizitaţi? Poate că probabilitatea ca viaţa să apară spontan este atât de mică, încât Pământul e singura planetă din galaxie – şi din întreg universul observabil – unde s-a întâmplat acest lucru. Mai este varianta să existe o mare probabilitate ca sisteme autoreproducătoare, precum celulele, să se dezvolte, dar să nu dezvolte inteligenţă.

Suntem obişnuiţi să privim viaţa inteligentă ca pe o consecinţă inevitabilă a evoluţiei – dar dacă lucrurile nu stau aşa? Principiul antropic ar trebui să ne înveţe să privim cu scepticism astfel de teorii. E mult mai probabil ca evoluţia să fie un proces aleatoriu, în care inteligenţa reprezintă doar una dintre consecinţe.

Nu e deloc clar dacă, pe termen lung, inteligenţa are vreo valoare adaptativă. Bacteriile şi alte organisme unicelulare ar putea supravieţui mult după ce restul formelor de viaţă de pe Pământ vor fi dispărut în urma acţiunilor noastre. Poate că inteligenţa a fost o dezvoltare puţin scontată a vieţii pe Pământ, întrucât evoluţiei i-a luat foarte mult – 2,5 miliarde de ani – ca să ajungă de la organismele unicelulare la cele pluricelulare, care sunt o condiţie a apariţiei inteligenţei. Asta reprezintă o bună parte din timpul total de viaţă al Soarelui nostru, aşa că observaţia ar fi în concordanţă cu ideea că probabilitatea apariţiei inteligenţei în evoluţia vieţii este mică. În acest caz, e posibil să găsim multe forme de viaţă în galaxie, dar nu şi viaţă inteligentă.

Un alt mod în care viaţa inteligentă ar putea fi împiedicată să apară ar fi ciocnirea planetei cu un asteroid sau o cometă. În 1994, am putut observa ciocnirea unei comete, Shoemaker-Levy, cu Jupiter, în urma căreia s-au desprins mai multe mingi de foc

uriaşe. Se crede că ciocnirea unui corp mult mai mic cu Pământul a dus, în urmă cu aproximativ 66 de milioane de ani, la dispariţia dinozaurilor. Câteva mamifere mici au supravieţuit, dar orice animal de dimensiunea unui om sau mai mare a dispărut. E greu de spus cam cât de des au loc asemenea ciocniri, dar o estimare medie ar spune că undeva cam la 20 de milioane de ani. Dacă această estimare este corectă, am putea spune că viaţa inteligentă s-a dezvoltat pe Pământ numai datorită şansei ca nicio ciocnire majoră să nu se fi produs în ultimii 66 de milioane de ani. Alte eventuale planete din galaxie pe care a apărut viaţa s-ar putea să nu fi beneficiat de o perioadă fără ciocniri suficient de lungă pentru a produce viaţă inteligentă.

O a treia posibilitate ar fi aceea ca, în ciuda unei probabilităţi mari ca viaţa inteligentă să apară şi să evolueze, sistemul să devină la un moment dat instabil, iar viaţa inteligentă să se autodistrugă. Asta ar fi o concluzie foarte pesimistă, şi sper din suflet să nu fie adevărată.

Eu prefer o a patra posibilitate: că există şi alte forme de viaţă, care nu ne-au acordat însă atenţie până acum. În 2015, am fost implicat în lansarea proiectului de cercetare Breakthrough Listen Initiatives, care utilizează observaţiile radio pentru a căuta viaţă extraterestră inteligentă şi dispune de facilităţi de cel

mai înalt nivel, finanţare generoasă şi mii de ore dedicate utilizării radiotelescopului. E cel mai amplu proiect ştiinţific menit să găsească dovezi ale existenţei vieţii inteligente în spaţiul cosmic. Breakthrough Message este un concurs internaţional în care se propune crearea unor mesaje ce ar putea fi citite de o civilizaţie avansată. Ar trebui însă să ne îngrijoreze posibilitatea unui răspuns cel puţin până când ne vom fi dezvoltat ceva mai mult. A întâlni o civilizaţie mai avansată în acest stadiu al evoluţiei noastre ar semăna oarecum cu situaţia în care indigenii din America l-au întâlnit pe Columb – şi nu cred că s-au gândit că le-ar fi fost mai bine fără el.

4. Putem prezice viitorul?

Oamenilor din vechime lumea trebuie să li se fi părut un loc destul de imprevizibil. Dezastre precum inundaţiile, epidemiile, cutremurele sau erupţiile vulcanilor păreau că se întâmplă fără vreun avertisment şi fără vreun motiv aparent. Oamenii primitivi au atribuit toate astea unui panteon de zei şi zeiţe, care se comportau capricios şi bizar în permanenţă. Nu exista nicio cale pentru a prezice ceea ce urmau să facă, şi singura speranţă era să li se câştige bunăvoinţa prin daruri sau alte acţiuni. Mulţi oameni

sunt încă măcar parţial de acord cu această credinţă şi încearcă să facă un pact cu soarta. Promit să se poarte mai bine sau să fie mai amabili în cazul în care iau o notă mai mare la un test sau promovează examenul auto.

Cu timpul însă, oamenii trebuie că au observat anumite regularităţi în comportamentul naturii. Aceste regularităţi au devenit mai evidente mai cu seamă în privinţa corpurilor cereşti care traversează cerul. Aşadar astronomia a fost prima ştiinţă care a apărut. Newton a dezvoltat principiile matematice ale astronomiei cu mai bine de 300 de ani în urmă, şi încă folosim teoria gravitaţiei pentru a prezice mişcarea mai tuturor corpurilor cereşti. Urmând exemplul astronomiei, s-a descoperit că şi alte fenomene naturale urmau legi ştiinţifice exacte. Aşa s-a ajuns la ideea determinismului ştiinţific, care a fost lansată prima dată de savantul francez Pierre-Simon Laplace. Mi-ar plăcea să pot cita exact ce a spus Laplace, dar stilul acestuia era asemenea lui Proust, adică folosea fraze foarte lungi şi complexe. Aşa că am decis să-l parafrazez. Pe scurt, el a afirmat că, dacă am putea cunoaşte poziţia şi viteza tuturor particulelor din univers la un moment dat, atunci le-am putea determina comportamentul în orice alt moment din trecut sau viitor. Probabil că e o poveste apocrifă cea în

care se spune că, atunci când Laplace ar fi fost întrebat de Napoleon care e locul lui Dumnezeu în sistemul lui, acesta ar fi răspuns: „Sire, nu am avut nevoie de această ipoteză”. Nu cred că Laplace voia să spună că Dumnezeu nu există, ci numai că Dumnezeu nu intervine încălcând legile ştiinţifice. Asta cred că este poziţia pe care trebuie s-o adopte orice om de ştiinţă. Nu cred că o lege ştiinţifică este o lege ştiinţifică dacă ea funcţionează numai când o divinitate decide să nu intervină şi să lase lucrurile să curgă de la sine.

Ideea că starea universului la un moment dat determină toate celelalte stări a fost un postulat central al ştiinţei încă din vremurile lui Laplace. Înseamnă că putem prezice viitorul, cel puţin în principiu. În practică însă, orice predicţie va fi serios limitată de complexitatea ecuaţiilor şi de faptul că ele au o proprietate numită haos. După cum ştiu toţi cei care au văzut *Jurassic Park,* o mică schimbare într-un loc poate duce la o modificare majoră într-un alt loc. Un fluture care bate din aripi în Australia poate produce o ploaie în Central Park din New York. Problema e că un asemenea eveniment nu este repetabil. Data viitoare când fluturele va bate din aripi, multe lucruri vor fi diferite, ceea ce va influenţa de asemenea starea vremii. Factorul haos este motivul pentru care prognozele meteo pot fi atât de înşelătoare.

În ciuda tuturor acestor dificultăţi, determinismul ştiinţific a rămas doctrina oficială pe tot parcursul secolului al XIX-lea. Au existat totuşi în secolul XX două contribuţii teoretice care au arătat că viziunea lui Laplace, conform căreia viitorul poate fi prezis cu exactitate, nu era realizabilă. Prima se numeşte mecanică cuantică şi a fost formulată pentru prima dată în 1900 de fizicianul german Max Planck, sub forma unei ipoteze ad-hoc menite să rezolve un paradox extraordinar. Conform ideilor clasice din secolul al XIX-lea, a căror origine poate fi trasată până la Laplace, un corp fierbinte, cum ar fi o bucată de metal încins, ar trebui să emită radiaţie. Va pierde energie prin unde radio, infraroşii, lumină vizibilă, ultraviolete, raze X şi gama, toate în aceeaşi proporţie. Asta ar însemna nu doar faptul că am muri cu toţii de cancer de piele, dar şi că întreg universul ar avea aceeaşi temperatură, ceea ce e evident incorect.

Cu toate astea, Planck a arătat că acest dezastru poate fi evitat dacă se renunţă la ideea că radiaţia poate avea orice valoare, menţionând în schimb că ea vine doar sub formă de pachete sau cuante de o anume mărime. E ca şi cum ai spune că nu poţi cumpăra zahăr de la supermarket decât la pungi de un kilogram. Energia din pachete sau cuante este mai mare în cazul razelor X şi ultravioletelor decât pentru infraroşu sau lumina

vizibilă. Aceasta înseamnă că un corp, dacă nu este foarte fierbinte, aşa cum este Soarele, nu va avea suficientă energie să emită nici măcar o cuantă de ultraviolete sau raze X. Din acest motiv nu ne alegem cu arsuri solare de la o ceaşcă de cafea.

Planck a considerat că ideea de cuantă e un simplu truc matematic fără reprezentare în realitatea fizică. Cu toate astea, fizicienii au început să descopere şi alte fenomene explicabile doar prin variaţia cu valori discrete şi măsurabile mai degrabă decât prin variaţia continuă. De exemplu, şi-au dat seama că particulele elementare se comportau mai degrabă ca nişte protuberanţe care se învârteau în jurul unei axe. Dar această rotaţie nu putea avea orice valoare. Trebuia să fie multiplul unei unităţi de bază. Pentru că această unitate este foarte mică, nu se observă dacă una dintre protuberanţe încetineşte într-o succesiune rapidă de variaţii discrete sau printr-un proces continuu. Dar pentru structuri atât de mici cum este atomul e foarte important cum are loc această rotaţie discretă.

A trecut ceva vreme până când oamenii de ştiinţă şi-au dat seama de implicaţiile mecanicii cuantice în determinism. Abia în 1927 un alt fizician german, Werner Heisenberg, a atras atenţia asupra faptului că nu se pot măsura cu exactitate atât poziţia, cât şi viteza unei particule în acelaşi timp. Pentru a vedea unde se

află o particulă, aceasta trebuie luminată. Dar, potrivit teoriei lui Planck, nu se poate folosi o cantitate oarecare de lumină. Trebuie să fie cel puţin o cuantă. Aceasta va influenţa particula şi îi va schimba viteza într-un mod imprevizibil. Pentru a stabili cu exactitate poziţia unei particule, trebuie folosită lumină cu lungime de undă scurtă, ca ultravioletele, razele X sau gama. Însă, conform teoriei lui Planck, cuantele acestor forme de lumină au energii mai mari decât cele ale luminii vizibile. Aşadar acestea vor influenţa şi mai mult viteza particulei. Niciuna din variante nu este câştigătoare: cu cât încerci să măsori mai exact poziţia particulei, cu atât mai inexact vei măsură viteza, şi invers. Acestea sunt cuprinse în principiul de incertitudine formulat de Heisenberg; rezultatul înmulţirii dintre incertitudinea poziţiei unei particule şi incertitudinea vitezei acesteia va fi mereu mai mare decât cantitatea numită constanta lui Planck împărţită la dublul masei particulei.

Viziunea lui Laplace despre determinismul ştiinţific presupunea cunoaşterea poziţiei şi vitezei unei particule în univers într-un anumit moment. Această poziţie a fost puternic combătută de principiul de incertitudine al lui Heisenberg. Cum ar putea cineva să prezică viitorul când nici măcar nu putem măsura cu precizie poziţia şi viteza particulelor în prezent? Oricât de performant ar fi calculatorul, dacă introduci date

incorecte, vei obţine rezultate incorecte.

Einstein era foarte nemulţumit de acest caracter aparent aleatoriu al naturii. Celebrul său aforism, „Dumnezeu nu dă cu zarul”, ne arată foarte clar ce credea despre asta. Părea să simtă că acea incertitudine nu este definitivă şi că ar putea exista o realitate implicită în care particulele ar avea poziţia şi viteza bine stabilite, putând astfel să evolueze după legile deterministe, în spiritul lui Laplace. Poate că Dumnezeu are acces la această realitate, însă pe noi natura cuantică a luminii ne împiedică să o vedem, n-am putea-o întrezări decât ca prin ceaţă.

Ipoteza lui Einstein a fost ceva ce azi am numi o teorie cu variabile ascunse. Teoriile cu variabile ascunse par să fie modalitatea cea mai evidentă de a încadra principiul de incertitudine în fizică. Ele alcătuiesc baza pentru imaginea universului aşa cum o văd mulţi oameni de ştiinţă şi majoritatea filosofilor ştiinţei. Însă acest tip de teorii este eronat. Fizicianul britanic John Bell a conceput un test prin care teoriile cu variabile ascunse puteau fi falsificate. La finalul testului, rezultatele s-au dovedit incompatibile cu variabilele ascunse. Astfel, se pare că până şi Dumnezeu se supune principiului de incertitudine şi nu poate şti simultan poziţia şi viteza unei particule. Toate dovezile arată că Dumnezeu e un jucător înrăit

de jocuri de noroc, care nu ratează nicio şansă de a da cu zarul.

Ne permit legile care guvernează universul să facem predicţii riguroase cu privire la ceea ce se va întâmpla în viitor?

Pe scurt, şi da, şi nu. În principiu, legile ne-ar permite să o facem. Dar în practică, cel mai adesea, calculele sunt prea dificile.

Alţi oameni de ştiinţă s-au dovedit mult mai hotărâţi decât Einstein să schimbe acea viziune clasică specifică secolului al XIX-lea, a determinismului. O nouă teorie, mecanica cuantică, a fost propusă de Heisenberg, de austriacul Erwin Schrodinger şi de fizicianul britanic Paul Dirac. Dirac a fost predecesorul meu şi profesor lucasian la Cambridge. Deşi mecanica cuantică există de aproape şaptezeci de ani, încă nu este pe deplin înţeleasă şi apreciată, nici măcar de cei ce o folosesc la calcule. Cu toate astea, ar trebui să ne preocupe pe toţi, fiindcă prezintă o imagine complet diferită a universului, în comparaţie cu versiunea clasică a acestuia, precum şi a realităţii însăşi. În mecanica cuantică, particulele nu au o poziţie şi o viteză bine definite. Sunt în schimb reprezentate de ceea ce numim o funcţie de undă. Fiecărui punct din spaţiu îi este

asociat un număr. Valoarea funcţiei de undă dă probabilitatea ca particula să se afle în acel punct. Rata cu care funcţia de undă variază de la un punct la altul dă viteza particulei. Putem avea o funcţie de undă cu un punct de maxim foarte înalt într-o regiune foarte restrânsă. Asta înseamnă că incertitudinea legată de poziţia particulei este foarte mică. Însă funcţia de undă va avea o variaţie foarte rapidă în punctul de maxim, sus pe o parte şi jos pe cealaltă. Aşadar incertitudinea legată de viteză va fi foarte mare. În acelaşi mod, pot exista funcţii de undă în cazul cărora incertitudinea cu privire la viteză este mică, în timp ce incertitudinea cu privire la poziţie este mare.

Funcţia de undă include tot ce se poate şti despre o particulă, şi anume poziţia şi viteza acesteia. Dacă se cunoaşte funcţia de undă dintr-un anumit moment, atunci valorile ei în momente sunt date de ceea ce se numeşte ecuaţia Schrodinger. Astfel, putem vorbi în continuare de determinism, dar nu în sensul în care folosea Laplace termenul. În loc să putem prezice viteza şi poziţia particulelor, tot ce putem prezice sunt funcţiile de undă. Prin urmare nu putem prezice decât jumătate din ceea ce credeam că putem conform fizicii de secolul al XIX-lea.

Deşi mecanica cuantică duce la incertitudine atunci când încercăm să determinăm simultan poziţia şi viteza

unei particule, ea ne permite totuşi să prezicem, cu certitudine, o anumită combinaţie a poziţiei şi vitezei. Cu toate acestea, chiar şi această certitudine firavă pare să fie ameninţată de descoperiri mai recente. Problemele apar pentru că gravitaţia poate deforma spaţiul-timp atât de mult, încât pot apărea regiuni pe care să nu le putem observa.

Astfel de regiuni sunt reprezentate de interiorul găurilor negre. Asta înseamnă că, în principiu, nu putem observa particulele din interiorul găurilor negre. Aşadar nu le putem calcula nici poziţiile, nici vitezele. Se pune astfel problema dacă acest fenomen aduce incertitudine suplimentară pe lângă cea din mecanica cuantică.

Pe scurt, potrivit teoriei clasice a lui Laplace, evoluţia particulelor e perfect determinabilă dacă le cunoaştem poziţiile şi vitezele anterioare. Această teorie a fost abandonată când Heisenberg şi-a formulat principiul de incertitudine, conform căruia nu putem cunoaşte exact simultan poziţia şi viteza. Cu toate astea, potrivit lui Heisenberg, era încă posibil să prezicem o anumită combinaţie a celor două mărimi. Dar este probabil ca şi această predictibilitate limitată să dispară dacă vom lua în calcul găurile negre.

5. Ce se află în interiorul unei găuri negre?

Se spune că uneori realitatea e mai stranie decât închipuirea, şi nicăieri nu este mai adevărat acest lucru decât în ceea ce priveşte interiorul unei găuri negre. Găurile negre sunt fenomene mai stranii decât orice şi-au imaginat vreodată scriitorii de science-fiction, fiind în acelaşi timp adevăruri ştiinţifice cât se poate de ferm stabilite.

Prima menţionare a găurilor negre a avut loc în 1783 de către un fizician de la Cambridge, John Michell. Argumentul său suna astfel. Dacă cineva propulsează o particulă în direcţie verticală, cam în felul unei ghiulele, ea va fi încetinită de gravitaţie. În cele din urmă, se va opri şi va cădea. Totuşi, dacă viteza particulei va fi mai mare decât o anumită valoare critică, numită viteză de evadare, gravitaţia nu va fi suficient de puternică să oprească particula, iar aceasta va scăpa forţei gravitaţionale. Viteza de evadare este de doar 11 km/s pentru Pământ şi de 617 km/s pentru Soare. Ambele sunt valori mult mai mari decât ale unei ghiulele adevărate. Valorile sunt mici însă comparativ cu viteza luminii, care este de 300.000 km/s. Aşadar lumina poate pleca de la Pământ sau de la Soare fără prea mare dificultate. Cu toate astea, Michell era de părere că ar putea exista stele mai mari decât Soarele,

cu viteze de evadare mai mari decât viteza luminii. Noi nu le-am putea vedea pentru că lumina emisă de acestea ar fi trasă înapoi de gravitaţie. Acestea ar fi stelele negre, după cum le-a denumit Michell, iar pe care noi acum le numim găuri negre.

Pentru a le înţelege, trebuie să începem cu gravitaţia. Einstein vorbeşte despre gravitaţie în teoria generală a relativităţii, care tratează atât spaţiul şi timpul, cât şi gravitaţia. Modul în care spaţiul şi timpul evoluează este dat de un set de ecuaţii numite ecuaţiile lui Einstein, pe care acesta le-a enunţat în 1915. Deşi este de departe cea mai slabă forţă din natură, gravitaţia beneficiază de două avantaje majore în faţa celorlalte forţe. Primul este acela că acţionează pe distanţe foarte mari. Pământul este ţinut pe orbită de către Soare, aflat la 150.000.000 km depărtare, iar Soarele este ţinut în orbită în jurul centrului galaxiei, aflat la aproximativ 10.000 de ani-lumină. Cel de-al doilea avantaj este acela că gravitaţia e doar o forţă de atracţie, spre deosebire de forţele electrice, care pot fi atât de atracţie, cât şi de respingere. Din aceste două trăsături se poate trage concluzia că, pentru o stea suficient de mare, atracţia gravitaţională dintre particule poate domina toate celelalte forţe şi poate duce la colaps gravitaţional. În ciuda acestor dovezi, comunitatea ştiinţifică nu s-a grăbit să accepte faptul că stelele masive pot colapsa

sub propria gravitaţie şi nici să-şi închipuie cum anume s-ar comporta formaţiunea rezultată. Albert Einstein chiar a scris în 1939 o lucrare în care susţinea că stelele nu ar putea colapsa sub forţa gravitaţiei fiindcă materia, dincolo de un anume punct critic, nu s-ar mai putea comprima. Mulţi oameni de ştiinţă au fost de acord cu Einstein. Excepţie a făcut americanul John Wheeler, care în multe privinţe poate fi considerat eroul istoriei găurilor negre. În lucrările sale din anii '50 şi '60 a avansat ideea că multe stele vor colapsa în cele din urmă, încercând să vadă ce probleme va ridica asta pentru fizica teoretică. A prevăzut de asemenea multe dintre proprietăţile formaţiunilor care aveau să apară din aceste stele colapsate – adică găurile negre.

De-a lungul celei mai mari părţi a vieţii sale, care se întinde pe miliarde de ani, o stea obişnuită va rezista colapsului provocat de propria gravitaţie prin intermediul presiunii termice produse de procesele nucleare care convertesc hidrogenul în heliu. În cele din urmă însă, steaua îşi va epuiza combustibilul nuclear şi se va contracta. În anumite cazuri, va reuşi să se menţină stabilă sub forma unei pitice albe, care reprezintă rămăşiţele dense ale unui miez stelar. Totuşi, Subrahmanyan Chandrasekhar a arătat în anii 30 ai secolului trecut că masa maximă a unei pitice albe este de aproximativ 1,4 ori mai mare decât masa

Soarelui. O masă maximă similară a fost calculată de cercetătorul rus Lev Landau pentru o stea făcută numai din neutroni.

Care ar fi soarta acelor numeroase stele cu masa mai mare decât masa maximă a unei pitice albe sau a unei stele neutronice odată ce şi-au epuizat combustibilul nuclear? Chestiunea a fost cercetată de Robert Oppenheimer, cel ce ulterior va ajunge să fie cunoscut pentru rolul său în inventarea bombei atomice. În două articole din 1939, scrise împreună cu George Volkoff şi Hartland Snyder, el a arătat că o astfel de stea n-ar putea fi susţinută de presiune. Iar dacă se ignoră presiunea, o stea uniform sferică şi simetrică se va contracta până la dimensiunea unui punct de densitate infinită. Un astfel de punct se numeşte singularitate. Toate teoriile noastre despre spaţiu au fost formulate în baza ipotezei că spaţiul-timp este lipsit de asperităţi şi aproape plat, astfel încât ele nu mai sunt valabile când se ajunge la singularitate, acolo unde curbura spaţiului-timp devine infinită. De fapt, reprezintă sfârşitul spaţiului şi al timpului. Iar Einstein a considerat acest lucru inacceptabil.

Apoi a izbucnit cel de-al Doilea Război Mondial. Majoritatea oamenilor de ştiinţă, printre care şi Robert Oppenheimer, şi-au îndreptat atenţia către fizica nucleară, iar problema colapsului gravitaţional a fost în

mare parte dată uitării. Interesul asupra subiectului a renăscut abia odată cu descoperirea unor obiecte stelare aflate la mare distanţă, numite quasari. Primul quasar, numit 3C273, a fost descoperit în 1963. Mulţi alţii i-au urmat. Erau obiecte foarte strălucitoare, în ciuda faptului că se aflau la distanţă foarte mare de Pământ. Procesele nucleare nu puteau fi creditate pentru producţia lor de energie pentru că numai o parte din masa de repaus devenea energie pură. Singura alternativă rămasă era energia gravitaţională eliberată prin haos gravitaţional.

Colapsul gravitaţional al stelelor a fost redescoperit. Când are loc acest fenomen, gravitaţia absoarbe întreaga materie din jur în interior. A devenit clar că o stea uniform sferică se va contracta până în punctul în care va dobândi o densitate infinită şi va deveni o singularitate. Dar ce se va întâmpla dacă steaua nu este uniformă şi sferică? Ar putea această distribuţie neuniformă a masei stelei să producă un colaps neuniform, care nu va duce la o singularitate? Într-un articol remarcabil din 1965, Roger Penrose a arătat, bazându-se pe simplul fapt că gravitaţia este o forţă de atracţie, că tot s-ar produce o singularitate.

Ecuaţiile lui Einstein nu pot fi definite în cazul unei singularităţi. Prin urmare, în acest punct de o densitate infinită, viitorul nu poate fi prezis. Asta implică faptul

că se va întâmpla ceva straniu ori de câte ori o stea colapsează. N-am fi afectaţi de imposibilitatea de a face predicţii dacă singularităţile nu ar fi nude – adică dacă nu a fi protejate de exterior. Penrose a propus atunci conjectura cenzurii cosmice: toate singularităţile produse prin colapsul unor stele sau al altor corpuri cereşti vor fi ascunse vederii în interiorul unor găuri negre. O gaură neagră este o regiune unde gravitaţia este atât de puternică, încât nici lumina nu poate scăpa. Conjectura cenzurii cosmice este aproape sigur adevărată, pentru că mai multe tentative de a o infirma s-au dovedit lipsite de succes.

În 1967, când a introdus termenul de „gaură neagră", John Wheeler a înlocuit termenul mai vechi de „stea îngheţată". Denumirea inventată de Wheeler accentua faptul că aceste formaţiuni prezentau interes de sine stătătoare, indiferent de felul în care s-au format. Noua denumire a prins imediat.

Din afară nu putem spune ce se află în interiorul unei găuri negre. Indiferent ce ajunge în ele şi indiferent cum s-au format, toate găurile negre arată la fel. Tot John Wheeler este cel creditat cu exprimarea acestui principiu prin expresia „găurile negre nu au păr".

O gaură neagră are o zonă de graniţă numită orizontul evenimentelor. El se află acolo unde gravitaţia este suficient de puternică încât să atragă

lumina înapoi şi să o împiedice să evadeze. Pentru că nimic nu poate călători mai repede decât lumina, orice altceva va fi de asemenea atras înăuntru. A cădea dincolo de orizontul evenimentelor este ca şi cum a-i cădea în cascada Niagara într-o canoe. Dacă eşti deasupra pragului cascadei, poţi scăpa dacă vei vâsli suficient de repede împotriva curentului, dar, dacă ai trecut dincolo de acest prag, eşti pierdut. Nu există cale de întoarcere. Cu cât te apropii mai mult de cascadă, cu atât curentul este mai rapid. Asta înseamnă că acţionează cu mai multă forţă asupra botului canoei decât asupra spatelui ei. Există pericolul ca ambarcaţiunea să fie ruptă în două. Acelaşi lucru se întâmplă şi cu găurile negre. Dacă vei cădea într-o gaură neagră cu picioarele înainte, gravitaţia va acţiona mai puternic asupra picioarelor decât asupra capului, pentru că ele sunt mai aproape de gaura neagră. În consecinţă, vei fi alungit în direcţia căderii şi strivit dinspre părţile laterale. Dacă gaura neagră are o masă de câteva ori mai mare decât a Soarelui nostru, vei fi transformat în ceva asemănător cu nişte spaghete înainte să ajungi la orizontul evenimentelor. Totuşi, dacă vei pica într-o gaură neagră de dimensiuni mult mai mari, având de câteva milioane de ori masa Soarelui, atracţia gravitaţională va acţiona la fel asupra întregului tău corp şi vei atinge orizontul

evenimentelor fără probleme. Aşadar, dacă vei dori să explorezi interiorul unei găuri negre, ai grijă să-ţi alegi o gaură de mari dimensiuni. Există o gaură neagră cu o masă de aproximativ patru milioane de ori mai mare decât masa Soarelui în centrul galaxiei noastre.

Deşi tu nu ai simţi nimic ieşit din comun odată căzut într-o gaură neagră, cineva care te-ar privi de la distanţă nu te-ar vedea niciodată trecând orizontul evenimentelor. Vei lăsa impresia că ai încetinit şi te-ai oprit la marginea orizontului. Imaginea va deveni tot mai ştearsă şi mai roşiatică, până când vei dispărea efectiv. Din punctul de vedere al lumii exterioare, vei fi dispărut pentru totdeauna.

La puţin timp după naşterea fiicei mele, Lucy, am avut o revelaţie. Am descoperit teorema ariei orizontului evenimentelor. Dacă teoria relativităţii generale este corectă, iar densitatea de energie a materiei e pozitivă, aşa cum se întâmplă de obicei, atunci aria suprafeţei orizontului evenimentelor, graniţa unei găuri negre, ar creşte constant atunci când radiaţia sau materia suplimentară cad în gaura neagră. Mai mult, dacă două găuri negre se ciocnesc şi se contopesc formând o unică gaură neagră, aria orizontului evenimentelor care rezultă este mai mare decât suma ariilor iniţiale. Teorema ariei poate fi testată experimental de către Laser Interferometer

Gravitational-Wave Observatory (LIGO). Pe 14 septembrie 2015, LIGO a detectat unde gravitaţionale emise în urma ciocnirii şi contopirii a două găuri negre. Din forma undelor gravitaţionale, se pot estima masele şi momentele cinetice ale găurilor negre, iar prin teorema găurilor negre fără păr pot fi determinate ariile orizonturilor.

Aceste proprietăţi arată că există o asemănare între aria orizontului evenimentelor unei găuri negre şi fizica clasică convenţională, mai exact cu conceptul de entropie din termodinamică. Entropia poate fi considerată ca o măsură a gradului de dezordine dintr-un sistem sau, într-o formulare echivalentă, ca o lipsă de informaţii precise despre starea lui. Faimoasa lege a doua a termodinamicii spune că entropia poate doar să crească cu timpul. Această descoperire a fost primul indiciu al legăturii cruciale cu găurile negre.

Analogia dintre proprietăţile găurilor negre şi legile termodinamicii poate fi lărgită. Prima lege a termodinamicii spune că o mică schimbare în entropia unui sistem este însoţită de o schimbare proporţională în energia sistemului. Împreună cu Brandon Carter şi Jim Bardeen am descoperit o lege similară, potrivit căreia o modificare în masa unei găuri negre e însoţită întotdeauna de o modificare a ariei orizontului evenimentelor. În acest caz, factorul de

proporţionalitate implică un anumit parametru numit gravitaţie de suprafaţă, care este o măsură a puterii câmpului gravitaţional la orizontul evenimentelor. Dacă se acceptă că aria orizontului evenimentelor e similară cu entropia, atunci ar părea că gravitaţia de suprafaţă e similară cu temperatura.

Asemănarea este întărită de faptul că gravitaţia de suprafaţă pare să fie aceeaşi în orice punct de pe orizontul evenimentelor, la fel cum temperatura este peste tot la fel într-un corp aflat în echilibru termic.

Deşi era limpede că există o asemănare între entropie şi aria orizontului evenimentelor, nu ne era deloc clar cum anume aria putea fi identificată ca entropie a unei găuri negre. Ce anume se înţelege prin entropia unei găuri negre? Sugestia crucială a fost făcută în 1972 de către Jacob Bekenstein, care era atunci proaspăt absolvent al Universităţii Princeton. Argumentul său era următorul. Atunci când se formează o gaură neagră prin colaps gravitaţional, ea ajunge imediat într-o stare staţionară, care este caracterizată prin trei parametri: masa, momentul cinetic şi sarcina electrică.

Asta face ca starea finală a găurii negre să pară independentă de natura corpului colapsat, indiferent dacă e format din materie sau antimaterie ori dacă e sferic sau are o formă neregulată. Cu alte cuvinte, o gaură neagră cu o anumită masă, cu un anumit

moment cinetic şi cu o anumită sarcină s-ar fi putut forma prin colapsul uneia dintre multele configuraţii diferite ale materiei. Aşadar ceea ce pare a fi aceeaşi gaură neagră ar putea fi de fapt un element format prin colapsarea unui mare număr de tipuri diferite de stele. Într-adevăr, dacă efectele cuantice sunt neglijate, numărul configuraţiilor ar fi infinit din moment ce gaura neagră s-ar fi putut forma prin colapsarea unui nor format dintr-un număr nelimitat de mare de particule cu masă foarte mică. Dar ar putea cu adevărat să fie infinit numărul configuraţiilor?

E de notorietate faptul că mecanica cuantică presupune principiul de incertitudine. Acesta spune că este imposibil să măsurăm simultan poziţia şi viteza unui obiect. Dacă cineva poate determina exact unde se află, atunci nu îi poate afla viteza. Dacă îi poate măsura viteza, atunci poziţia este nedeterminată. În practică, asta înseamnă că e imposibil să localizezi ceva cu precizie. Imaginează-ţi că ai vrea să măsori ceva şi că ar trebui să determini unde se află marginile acestui obiect în mişcare. Nu vei putea să faci niciodată asta cu precizie, de vreme ce ar însemna să poţi măsura poziţia şi viteza unui anumit obiect simultan. Va fi, prin urmare, imposibil de aflat mărimea unui anumit obiect. Tot ce vei putea spune va fi că principiul de incertitudine face imposibil de precizat mărimea reală a

unui obiect. Rezultă că principiul de incertitudine impune efectiv o limită asupra mărimii obiectelor. După câteva calcule, vom descoperi că pentru masa dată a unui obiect există o mărime minimă. Mărimea minimă este redusă pentru obiecte grele, dar, pe măsură ce obiectele devin tot mai uşoare, mărimea minimă devine din ce în ce mai mare. Mărimea minimă poate fi privită ca o consecinţă a faptului că, în mecanica cuantică, obiectele pot fi considerate fie ca particule, fie ca unde. Cu cât un obiect este mai uşor, cu atât are o lungime de undă mai mare şi este mai dispersat. Cu cât este mai greu, cu atât lungimea de undă este mai mică şi va părea mai compact. Când aceste idei sunt combinate cu relativitatea generală, rezultă că numai obiectele mai grele decât o anumită valoare critică pot forma găuri negre. Acea greutate este cam cât cea a unui grăunte de sare. Încă o consecinţă a acestei idei este că numărul de configuraţii care ar putea forma o gaură neagră de o anumită masă, cu un anumit moment cinetic şi cu o anumită sarcină electrică, deşi este foarte mare, rămâne totuşi finit. Jacob Bekenstein a sugerat că pe baza acestui număr finit s-ar putea estima entropia unei găuri negre. Asta ar fi măsura cantităţii de informaţie care s-ar pierde iremediabil în timpul colapsului gravitaţional care duce la apariţia găurii negre.

Eroarea capitală din argumentaţia lui Bekenstein părea că se leagă de faptul că, dacă o gaură neagră are o entropie finită proporţională cu aria orizontului evenimentelor, atunci ar trebui să aibă şi o temperatură diferită de zero proporţională cu gravitaţia de suprafaţă. Asta părea să sugereze faptul că o gaură neagră ar putea fi în echilibru cu radiaţia termică la o temperatură diferită de zero. Totuşi, conform teoriilor clasice, un astfel de echilibru nu ar fi posibil din moment ce o gaură neagră ar absorbi orice radiaţie termică ce s-ar întâmpla să cadă pe ea, în timp ce, prin definiţie, nu ar emite nimic. Iar dacă nu poate emite nimic, atunci nu poate emite căldură.

Asta a dus la apariţia unui paradox cu privire la natura găurilor negre, aceste obiecte incredibil de dense apărute prin colapsul unor stele. O teorie sugerează că găuri negre cu aceleaşi proprietăţi ar putea fi formate dintr-un număr infinit de tipuri diferite de stele. O alta sugera că numărul ar fi de fapt finit. Asta e o problemă legată de informaţie – ideea că fiecare particulă şi fiecare forţă din univers ar conţine informaţie.

Pentru că găurile negre nu au păr, după cum a zis John Wheeler, nimeni nu poate spune din exterior ce se află în interiorul găurii negre, în afară de masa, de sarcina electrică şi de rotaţia ei. Asta înseamnă că o

gaură neagră trebuie să conţină multă informaţie ascunsă de lumea exterioară. Dar există o limită a cantităţii de informaţie care se poate strânge într-o anumită regiune din spaţiu. Informaţia cere energie, iar energia presupune masă, conform celebrei ecuaţii a lui Einstein, $E = mc^2$. Aşadar, dacă există prea multă informaţie într-o regiune din spaţiu, va colapsa într-o gaură neagră, iar mărimea găurii negre va reflecta cantitatea de informaţie. E ca şi cum ai adăuga tot mai multe cărţi într-o bibliotecă.

În cele din urmă, rafturile vor ceda şi biblioteca va colapsa, formând o gaură neagră.

În cazul în care cantitatea de informaţie dintr-o gaură neagră ar depinde de mărimea acesteia, ne-am putea aştepta ca, conform principiilor generale, gaura neagră să aibă o anume temperatură şi să lucească precum o bucată de metal încins. Dar toată lumea ştia că acest lucru este imposibil, pentru că nimic nu iese dintr-o gaură neagră. Sau aşa s-a crezut atunci.

Problema a rămas în picioare până la începutul lui 1974, când, cercetând comportamentul materiei în vecinătatea unei găuri negre conform mecanicii cuantice, spre marea mea surprindere, am constatat că gaura neagră pare să emită particule într-un ritm constant. La fel ca toată lumea, acceptam pe atunci ideea că gaura neagră nu poate emite nimic. Prin

urmare, am depus mari eforturi pentru a ignora acest rezultat nedorit. Dar, cu cât mă gândeam mai mult la el, cu atât mai încăpăţânat refuza să dispară, aşa că în cele din urmă a trebuit să-l accept. Ceea ce a reuşit să mă convingă că aveam de-a face cu un proces fizic veritabil a fost faptul că particulele care sunt emise prezintă un spectru termic. Calculele mele au arătat că o gaură neagră creează şi emite particule şi radiaţie la fel ca orice corp fierbinte, cu o temperatură proporţională cu gravitaţia de suprafaţă şi invers proporţională cu masa. Astfel, teoria problematică a lui Jacob Bekenstein, şi anume că o gaură neagră este caracterizată de o entropie finită, a fost verificată, din moment ce implica ideea că o gaură neagră s-ar putea afla într-un echilibru termic la o temperatură finită, alta decât zero.

Ce i s-ar întâmpla unui călător în spaţiu în momentul în care ar cădea într-o gaură neagră?

Vă pot spune sigur că nu i-ar fi bine deloc. Dacă vorbim de o gaură neagră cu masă stelară, s-ar alungi ca spaghetele înainte să ajungă la orizontul evenimentelor. Pe de altă parte, dacă e vorba de o gaură neagră supermasivă, va trece de orizont cu uşurinţă, dar va fi zdrobit când va ajunge la singularitate.

Din acel moment şi prin diferite metode de abordare, s-au adus dovezi matematice care confirmă că găurile negre emit radiaţie termică. Un mod de a înţelege mai bine aceste emisii e următorul. Mecanica cuantică implică faptul că întreg spaţiul este ocupat de particule şi antiparticule virtuale care apar constant în perechi, separându-se şi apoi unindu-se din nou, anihilându-se reciproc. Aceste particule se numesc virtuale pentru că, spre deosebire de particulele adevărate, nu pot fi observate direct cu un detector de particule. Pot fi măsurate însă efectele indirecte pe care le produc, iar existenţa lor a fost confirmată de o mică deplasare, numită deplasarea Lamb, pe care o produc în spectrul electromagnetic caracteristic atomilor de hidrogen excitaţi. Însă, în prezenţa unei găuri negre, un membru al perechii de particule virtuale poate fi atras în ea, lăsându-l pe celălalt membru fără un partener cu care să se anihileze reciproc. Particula sau antiparticula rămasă poate cădea la rândul ei în gaura neagră sau poate rămâne liberă la infinit, apărând ca radiaţie emisă de gaura neagră.

Un alt fel de a privi acest proces este să considerăm membrul perechii de particule care cade în gaura neagră, să zicem antiparticula, ca pe o particulă care călătoreşte înapoi în timp. Astfel, antiparticulele care cad într-o gaură neagră pot fi privite şi ca particule care

ies din gaura neagră, dar călătoresc înapoi în timp. Când particula atinge punctul în care cuplul particulă-antiparticulă s-a format de la bun început, va fi propulsată înainte în timp de către câmpul gravitaţional. O gaură neagră de masa Soarelui ar emite particule la o rată atât de mică, încât ar fi imposibil de detectat. Totuşi, ar putea exista găuri negre mult mai mici, care să aibă, de pildă, masa unui munte. E posibil ca ele să se fi format la începutul universului, dacă acesta a fost haotic şi neregulat. O gaură neagră de mărimea unui munte ar emite raze X şi raze gama la o rată de aproximativ zece milioane de megawaţi, suficient cât să acopere necesarul de electricitate al întregii planete. N-ar fi uşor totuşi să exploatezi o asemenea gaură neagră. N-ai putea s-o ţii într-o centrală electrică pentru că ar trece prin podea şi ar ajunge în centrul Pământului. Dacă am avea o astfel de gaură neagră, singurul mod de a o ţine aproape ar fi să o facem să orbiteze în jurul Pământului.

Oamenii au încercat să găsească găuri negre atât de mici, dar n-au găsit încă niciuna. E păcat, pentru că asta mi-ar fi adus Premiul Nobel. Mai există totuşi posibilitatea de a crea astfel de microgăuri negre în dimensiunile suplimentare ale spaţiului-timp. Conform anumitor teorii, universul în care ne aflăm este doar suprafaţa cvadridimensională a unui spaţiu

cu zece sau unsprezece dimensiuni. Filmul *Interstellar* ne-a dat o bună idee despre cum ar arăta o astfel de lume. N-am vedea aceste dimensiuni suplimentare pentru că lumina nu s-ar propaga prin acestea, ci numai prin cele patru dimensiuni pe care le cunoaştem. Gravitaţia ar influenţa totuşi celelalte dimensiuni, şi ar fi mult mai puternică decât în universul nostru. Ar fi mult mai simplu ca o gaură neagră să se formeze în aceste dimensiuni suplimentare. Chiar am putea să o observăm la LHC (Large Hadron Collider), acceleratorul de la CERN, Geneva. Acesta este format dintr-un tunel circular, lung de douăzeci şi şapte de kilometri. Două fascicule de particule circulă prin acest tunel în direcţii opuse şi se ciocnesc. Unele dintre aceste ciocniri ar putea forma microgăuri negre. Acestea ar emite particule după nişte tipare care ar fi uşor de recunoscut. Deci aş putea primi un Premiu Nobel până la urmă.[2]

Pe măsură ce găurile negre emit particule, vor pierde din masă şi vor deveni tot mai mici. Asta va duce la o creştere a ratei de emisie a particulelor. În cele din urmă, gaura neagră îşi va pierde întreaga masă şi va dispărea. Ce se va întâmpla atunci cu toate particulele

---

[2] Premiul Nobel nu se acordă postum, aşa că, din păcate, această ambiţie a autorului nu se va concretiza.

şi nefericiţii astronauţi care cad în gaura neagră? Nu vor reveni pur şi simplu atunci când gaura neagră va dispărea. Particulele care ies par să fie complet aleatorii şi să nu aibă niciun fel de legătură cu ceea ce a căzut în gaură. E ca şi cum toată informaţia care a intrat este pierdută, cu excepţia întregii mase şi a rotaţiei. Iar în cazul în care informaţia este pierdută, atunci se ridică o problemă serioasă care contrazice direct modul în care înţelegem ştiinţa. De mai bine de 200 de ani credem în determinismul ştiinţific – adică în faptul că legile ştiinţifice determină evoluţia universului.

Dar, dacă informaţia s-ar pierde cu adevărat în găurile negre, atunci nu i-am putea anticipa evoluţia, fiindcă poate emite particule foarte diverse. Ar putea emite un televizor perfect funcţional sau un volum legat în piele din operele complete ale lui Shakespeare, deşi şansele unor emisii aşa de bizare sunt foarte mici. E mai probabil să emită radiaţii termice, ca văpaia unui metal încins. S-ar putea spune că nu are mare importanţă dacă putem anticipa sau nu ce iese dintr-o gaură neagră, pentru că nu există găuri negre în vecinătatea noastră. E mai degrabă o chestiune de principiu. Dacă determinismul, posibilitatea de a anticipa ce se întâmplă în univers, eşuează în cazul găurilor negre, el ar putea eşua şi în alte cazuri. Ar putea exista găuri negre virtuale care apar ca fluctuaţii

ale vidului, absorb un set de particule, emit alte particule şi dispar din nou în vid. Şi, mai rău, dacă determinismul eşuează, nu mai putem fi siguri nici de trecut. Cărţile de istorie şi amintirile noastre ar putea fi simple iluzii. Trecutul ne spune cine suntem. Fără el ne pierdem identitatea.

A devenit astfel imperios necesar să aflăm dacă informaţia se pierde într-adevăr în găurile negre sau dacă, în principiu, ar putea fi recuperată. Mulţi oameni de ştiinţă au simţit că informaţia nu s-ar pierde de fapt, dar, timp de mulţi ani, niciunul nu a propus vreun mecanism prin care ea s-ar putea salva. Această aparentă pierdere a informaţiei, numită şi paradoxul informaţiei, le-a dat bătăi de cap oamenilor de ştiinţă în ultimii patruzeci de ani, şi a rămas până azi una dintre cele mai mari probleme nerezolvate din fizica teoretică.

De curând au revenit în centrul atenţiei posibile soluţii pentru rezolvarea paradoxului ca urmare a noilor descoperiri referitoare la unificarea gravitaţiei cu mecanica cuantică. Fundamentală în aceste descoperiri este înţelegerea simetriilor spaţiului-timp.

Să presupunem că nu există gravitaţie şi că spaţiul-timp ar fi perfect plat. Asemenea unui deşert fără nicio caracteristică. Un astfel de loc are două tipuri de simetrie. Prima poartă numele de simetrie de translaţie. Dacă te deplasezi dintr-un punct al

deşertului într-altul, nu vei observa nicio modificare. A doua este simetria de rotaţie. Dacă în deşert stai într-un loc în picioare şi începi să te roteşti, la fel, nu vei observa nimic diferit. Aceste simetrii se regăsesc şi în spaţiul-timp „plat“, spaţiul-timp existent în absenţa oricărei materii.

Dacă s-ar introduce ceva în acest deşert, simetriile ar fi distruse. Să presupunem că în deşert s-ar afla un munte, o oază şi câţiva cactuşi: deşertul ar arăta diferit în locuri sau direcţii diferite. La fel stau lucrurile şi cu spaţiul-timp. Dacă se introduc obiecte într-un spaţiu-timp, dispar simetriile de translaţie şi de rotaţie. Iar gravitaţia apare tocmai atunci când sunt introduse obiecte în spaţiul-timp.

O gaură neagră e o zonă a spaţiului-timp în care gravitaţia este puternică, spaţiul-timp e puternic deformat şi, ca urmare, se poate presupune că şi simetriile dispar. Cu toate astea, pe măsură ce ne îndepărtăm de gaura neagră, curbura spaţiului-timp devine din ce în ce mai puţin vizibilă. La mare distanţă de gaura neagră, spaţiul-timp arată asemănător cu spaţiul-timp plat.

În anii ’60, Hermann Bondi, A.W. Kenneth Metzner, M.G.J. Van der Burg şi Rainer Sachs au descoperit un fapt cu adevărat remarcabil, şi anume că spaţiul-timp aflat la mare distanţă de orice formă de materie este

caracterizat printr-o colecţie infinită de simetrii, cunoscute sub numele de supertranslaţii. Oricare dintre aceste simetrii este asociată cu o cantitate care se conservă, numită sarcina de supertranslaţie. Cantitatea care se conservă reprezintă cantitatea care nu se modifică pe măsură ce sistemul evoluează. Acestea sunt generalizări ale unor cantităţi care se conservă mai cunoscute. De exemplu, energia se conservă dacă spaţiul-timp nu se modifică în timp. Dacă spaţiul-timp este acelaşi în puncte diferite, atunci se conservă impulsul.

Descoperirea supertranslaţiilor s-a dovedit importantă pentru că există un număr infinit de cantităţi care se conservă aflate la mare distanţă de orice gaură neagră. Tocmai aceste legi ale conservării sunt cele care au oferit o perspectivă extraordinară şi neaşteptată asupra proceselor din fizica gravitaţională.

În 2016, alături de colaboratorii mei Malcolm Perry şi Andy Strominger, încercam să folosesc aceste noi rezultate şi cantităţile conservate pentru a găsi o soluţie la paradoxul informaţiei. Ştim că cele trei proprietăţi distincte ale găurilor negre sunt masa, sarcina şi momentul cinetic. E vorba de sarcinile obişnuite, cunoscute de mult timp. Totuşi, găurile negre au şi o sarcină de supertranslaţie. Aşadar, poate că găurile negre sunt mult mai complexe decât am crezut iniţial.

Nu sunt nici chele, nici nu au doar trei fire de păr. Au, de fapt, foarte mult păr de supertranslaţie.

Firele de păr de supertranslaţie pot conţine informaţii despre ce este în interiorul găurii negre. Cel mai probabil, aceste sarcini de supertranslaţie nu conţin toată informaţia, dar restul de informaţie ar putea veni de la anumite cantităţi conservate şi de la anumite sarcini de superrotaţie, asociate cu nişte simetrii numite superrotaţii, care nu sunt bine înţelese în acest moment. Dacă lucrurile stau într-adevăr aşa, iar întreaga informaţie a unei găuri negre poate fi înţeleasă în funcţie de „părul" ei, atunci poate că nu are loc nicio pierdere de informaţie. Aceste idei au fost confirmate de curând de calculele noastre. Împreună cu Strominger, Perry şi Sasha Haco, un absolvent, am descoperit că sarcinile de superrotaţie pot explica întreaga entropie a unei găuri negre. Mecanica cuantică continuă să rămână valabilă, iar informaţia va fi înmagazinată pe orizont, adică pe suprafaţa găurii negre.

Găurile negre sunt în continuare caracterizate doar prin masa totală, sarcina electrică şi rotaţie în afara orizontului evenimentelor, dar orizontul evenimentelor însuşi conţine informaţii cu privire la ceea ce a căzut în gaura neagră într-o manieră care depăşeşte aceşti parametri. Se fac în continuare

cercetări cu privire la aceste teorii, aşa că, deocamdată, paradoxul informaţiei rămâne fără rezolvare. Dar sunt încrezător cu privire la faptul că ne îndreptăm către o soluţie. Continuaţi să urmăriţi acest subiect.

6. E posibilă călătoria în timp?

În literatura ştiinţifico-fantastică, buclele spaţio-temporale sunt ceva obişnuit. Ele sunt folosite pentru călătorii rapide în jurul galaxiei sau pentru călătorii în timp. Adeseori însă, ceea ce azi pare de domeniul ştiinţifico-fantastic în viitor poate deveni adevăr ştiinţific. Aşadar care sunt şansele pentru a călători în timp?

Ideea că spaţiul şi timpul pot fi curbate sau pot crea bucle este destul de recentă. Mai bine de 2000 de ani s-a considerat că axiomele geometriei euclidiene erau evidente de la sine. După cum îşi amintesc probabil aceia dintre voi care au fost forţaţi să înveţe geometrie la şcoală, din aceste axiome decurge şi faptul că suma unghiurilor unui triunghi este de 180 de grade.

Totuşi, în ultimul secol, s-a descoperit că sunt posibile şi alte forme de geometrie, în care suma unghiurilor să nu fie de 180 de grade. Să ne gândim, de pildă, la suprafaţa Pământului. Lucrul cel mai apropiat de o dreaptă pe suprafaţa Pământului este ceea ce

numim un cerc mare. Acestea sunt căile cele mai scurte dintre două puncte şi sunt rutele pe care le folosesc liniile aeriene. Imaginaţi-vă un triunghi pe suprafaţa Pământului format din ecuator, linia de 0 grade longitudine prin Londra şi linia de 90 de grade longitudine estică prin Bangladesh. Cele două linii longitudinale se întâlnesc la ecuator în unghi drept, sau de 90 de grade. Se întâlnesc, de asemenea, la Polul Nord într-un unghi drept, sau de 90 de grade. Prin urmare avem un triunghi cu trei unghiuri drepte. Unghiurile acestui triunghi însumează 270 de grade, fiind evident mai mare decât cele 180 de grade ale unui triunghi pe o suprafaţă plană. Dacă am desena un triunghi pe o suprafaţă în formă de şa, vom descoperi că suma unghiurilor este mai mică de 180 de grade.

Suprafaţa Pământului este ceea ce numim un spaţiu bidimensional. Adică ne putem deplasa pe suprafaţa lui în două direcţii aflate în unghi drept: ne putem deplasa pe direcţia nord-sud sau est-vest. Bineînţeles însă că există şi o a treia direcţie în unghi drept cu celelalte două, iar aceasta este sus sau jos. Cu alte cuvinte, suprafaţa Pământului se află într-un spaţiu tridimensional. Spaţiul tridimensional este plan. Adică se supune geometriei euclidiene. Suma unghiurilor unui triunghi este de 180 de grade. Cu toate astea, ne-am putea imagina o cursă între fiinţe

bidimensionale care să se deplaseze pe suprafaţa Pământului, dar care să nu poată experimenta cea de-a treia direcţie, de sus sau jos. Acestea nu ar avea cum să cunoască spaţiul tridimensional în care se află, de fapt, suprafaţa Pământului. Pentru ele, spaţiul este curbat, iar geometria, noneuclidiană.

Dar, aşa cum ne putem imagina fiinţe bidimensionale care trăiesc pe suprafaţa Pământului, la fel ne putem gândi că spaţiul tridimensional în care ne aflăm este suprafaţa unei sfere dintr-o altă dimensiune, pe care nu o putem vedea. Dacă sfera ar fi foarte mare, spaţiul ar fi aproape plat, iar geometria euclidiană ar fi o foarte bună aproximare pe spaţii mici. Putem observa cu toţii însă că geometria euclidiană nu reprezintă o bună aproximaţie la distanţe mari. Pentru a înţelege mai bine ceea ce am spus, imaginaţi-vă o echipă de zugravi care vopsesc suprafaţa unei mingi uriaşe.

Pe măsură ce ar creşte stratul de vopsea, aria suprafeţei ar deveni tot mai mare. Dacă mingea ar exista într-un spaţiu plat, tridimensional, zugravii ar fi putut adăuga vopsea la nesfârşit, iar mingea ar deveni din ce în ce mai mare. Totuşi, dacă spaţiul tridimensional ar fi suprafaţa unei sfere într-o altă dimensiune, volumul ei ar fi mare, dar finit. Pe măsură ce s-ar adăuga tot mai multe straturi de vopsea, mingea ar umple în cele din urmă jumătate din spaţiu. Zugravii

vor fi înţeles în cele din urmă că se află prinşi într-o regiune din ce în ce mai mică şi că, în cele din urmă, întreg spaţiul va fi umplut de minge şi de straturile ei de vopsea. Aşa şi-ar da seama că trăiesc într-un spaţiu curb, şi nu într-unul plat.

Acest exemplu ne arată că geometria lumii nu poate fi dedusă din primele principii, aşa cum credeau grecii antici. Ar trebui mai degrabă să măsurăm spaţiul în care ne aflăm şi să-i determinăm geometria prin experiment. Totuşi, deşi o cale de a descrie spaţii curbe a fost inventată de germanul Bernhard Riemann în 1854, vreme de şaizeci de ani ideile lui au rămas la stadiul de simplu calcul matematic. Putea descrie spaţii curbe *în abstracto*, dar nu se întrevedea niciun motiv pentru care spaţiul fizic în care trăim să fi fost curb. Motivul a apărut în 1915, când Einstein a publicat teoria relativităţii generale.

Apariţia relativităţii generale a fost o revoluţie intelectuală care a transformat felul în care vedem universul. Nu e o teorie doar despre spaţiul curb, ci şi despre timpul curb sau înfăşurat în buclă. Einstein a înţeles, în 1905, că spaţiul şi timpul erau intim legate unul de celălalt, şi atunci a luat naştere teoria relativităţii speciale, care le lega pe cele două. Un eveniment poate fi localizat prin patru numere. Trei numere arată poziţia în spaţiu a evenimentului. Ele ar

putea arăta kilometrii la nord sau la est de Oxford Circus şi altitudinea deasupra nivelului mării, de pildă. La o scară mai mare, ar putea exprima latitudinea şi longitudinea galactică sau distanţa până la centrul galaxiei.

Cel de-al patrulea număr reprezintă timpul evenimentului. Astfel, ne putem gândi la spaţiu şi la timp ca alcătuind o singură entitate numită spaţiu-timp. Fiecare punct din spaţiul-timp este caracterizat prin patru numere care se referă la poziţia lui în spaţiu şi timp. A combina astfel spaţiul şi timpul ar fi până la urmă o întreprindere trivială dacă ele ar putea fi izolate într-o manieră unică. Cu alte cuvinte, dacă ar exista o manieră unică de a defini timpul şi poziţia fiecărui eveniment. Însă, într-un articol remarcabil scris în 1905, pe vremea când nu era decât un funcţionar al unui birou de brevete elveţian, Einstein a arătat că timpul şi poziţia la care cineva crede că se petrece un eveniment depind de modul în care se mişcă observatorul. Asta nu înseamnă altceva decât că spaţiul şi timpul sunt iremediabil legate unul de celălalt.

Timpii pe care observatori diferiţi le-ar atribui diferitelor evenimente s-ar potrivi dacă observatorii nu s-ar deplasa unii faţă de alţii. Şi se potrivesc şi mai puţin pe măsură ce creşte viteza relativă. Astfel putem

ajunge să ne întrebăm cât de repede trebuie să ne deplasăm pentru ca timpul unui observator să meargă înapoi faţă de timpul altui observator. Răspunsul vine de la următoarea poezioară:

Era odată o doamnă, divina
Ce călătorea mai repede ca lumina
Ea într-o zi a plecat
Cam relativ şi fără cuvinte
De a sosit în noaptea dinainte[3]

Aşadar tot ce ne trebuie pentru a călători în timp este o navă spaţială care să meargă cu o viteză mai mare decât viteza luminii. În acelaşi articol, Einstein a arătat că, din nefericire, e nevoie ca energia care propulsează nava spaţială să fie din ce în ce mai mare pe măsură ce nava s-ar apropia de viteza luminii. Astfel ar fi nevoie de o cantitate infinită de energie pentru a putea depăşi viteza luminii.

Articolul lui Einstein din 1905 pare să excludă călătoria în trecut. Şi călătoria către alte stele, susţinea el, va fi un demers lent şi cronofag. În condiţiile în care nu ne putem deplasa cu o viteză mai mare decât viteza

[3] În orig.: „There was a young lady of Wight / Who travelled much faster than light / She departed one day / In a relative way / And arrived on the previous night“ (n. tr.).

luminii, călătoria dus-întors până la cea mai apropiată stea ar dura cel puţin opt ani, iar către centrul galaxiei, aproximativ 50.000 de ani. Dacă nava spaţială ar merge cu o viteză apropiată de viteza luminii către centrul galaxiei, celor de la bordul navei li s-ar părea că a durat doar câţiva ani. Aceasta ar fi însă o slabă consolare, pentru că în momentul întoarcerii toţi oamenii pe care i-au cunoscut vor fi murit cu mii de ani în urmă. N-ar face prea mult bine nici scrierilor science-fiction, aşa că autorii ar trebui să caute modalităţi de a evita această problemă.

În 1915, Einstein a arătat că efectele gravitaţiei pot fi caracterizate prin faptul că spaţiul-timp este curbat sau deformat de materia şi energia conţinute, iar aceasta se numeşte teoria generală a relativităţii. În realitate putem observa această deformare a spaţiului-timp aşa cum este provocată de masa Soarelui, prin uşoara curbare a luminii sau a undelor radio care trec aproape de Soare.

Din acest motiv pare că steaua sau sursa de unde radio se deplasează întru câtva atunci când Soarele intervine între Pământ şi sursă. Deplasarea este foarte mică, cam de o miime de grad, ca şi cum ar parcurge 1 cm dintr-o distanţă de 1 km. Şi totuşi se poate măsura cu mare precizie şi este în acord cu teoriile relativităţii generale. Avem dovezi experimentale că spaţiul şi

timpul sunt deformate.

Gradul de deformare în vecinătatea noastră este foarte mic, fiindcă toate câmpurile gravitaţionale din sistemul solar sunt slabe. Ştim totuşi că există câmpuri foarte puternice, de exemplu cele de la big bang sau cele din găurile negre. Ar putea fi spaţiul şi timpul îndeajuns de deformate încât să îndeplinească cerinţe ştiinţifico-fantastice precum călătoria prin hiperspaţiu, găurile de vierme sau călătoria în timp? La o primă vedere, toate acestea par posibile. De exemplu, în 1948 Kurt Gödel a găsit o soluţie la ecuaţiile de câmp din teoria generală a relativităţii care prezenta un univers în care toată materia se află într-o mişcare de rotaţie. În acest univers ar fi posibil să pleci într-o navă spaţială şi să te întorci înainte să porneşti. Gödel se afla la Institutul de Studii Avansate de la Princeton, unde şi Einstein şi-a petrecut ultimii ani. Era cunoscut, mai degrabă, pentru că demonstra că nu putem demonstra tot ce e adevărat nici măcar la o materie aparent atât de simplă cum e aritmetica. Dar ceea ce el a demonstrat în teoria relativităţii generale care ar permite călătoria în timp l-a intrigat pe Einstein, care nu credea că acest lucru ar fi posibil.

Acum ştim că soluţia oferită de Gödel nu putea reprezenta universul în care trăim, fiindcă nu se afla în expansiune. Includea, de asemenea, şi o valoare destul

de mare pentru un parametru numit constantă cosmologică, despre care se crede, în general, că este foarte mică. De atunci s-au găsit totuşi şi alte soluţii mai rezonabile care ar face călătoria în timp posibilă. Una deosebit de interesantă, venită dinspre o abordare numită teoria corzilor cosmice, vorbeşte despre două corzi cosmice care s-ar deplasa una înaintea celeilalte la o viteză mai mică, dar foarte apropiată de cea a luminii. Ideea corzilor cosmice este una notabilă în fizică, deşi nu pare să-i fi prins încă pe scriitorii de science-fiction. Aşa cum le sugerează şi numele, sunt corzi în sensul că sunt lungi, dar au şi o lăţime foarte redusă. De fapt, sunt mai degrabă ca nişte benzi elastice, pentru că se află sub o tensiune uriaşă, de gradul a o sută de miliarde de miliarde de miliarde de tone. O coardă cosmică ataşată de Soare ar putea accelera de la zero la 90 km/h într-o treizecime de secundă.

Corzile cosmice poate că par o exagerare sau de domeniul ştiinţifico-fantasticului, dar există argumente întemeiate ştiinţific în baza cărora să credem că acestea s-au format în universul incipient, la scurt timp după big bang. Din moment ce se află sub o tensiune atât de mare, ne-am putea aştepta să accelereze la o viteză apropiată de viteza luminii.

Ce au în comun universul lui Gödel şi rapidele corzi cosmice ale spaţiului-timp este faptul că pornesc atât

de deformat şi curbat, încât spaţiul-timp se curbează în sine însuşi, făcând posibilă călătoria în trecut. Poate că Dumnezeu a creat un univers atât de deformat, dar nu avem motive să credem aşa ceva. Toate dovezile arată cu universul a început după big bang fără curbura care să permită călătoria în trecut. Din moment ce nu putem schimba modul în care a început universul, întrebarea dacă este posibilă călătoria în timp devine dacă putem face spaţiul-timp într-atât de curbat, încât să ne putem întoarce în trecut. Cred că este un subiect important pentru cercetare, dar care poate fi foarte uşor luat în derâdere. Dacă ai aplica pentru o bursă de cercetare pentru călătoria în timp, aceasta ţi se va refuza imediat. Nicio agenţie guvernamentală nu îşi permite să cheltuie din banii publici pe chestiuni atât de improbabile cum este călătoria în timp. În schimb, se pot folosi termeni tehnici precum curbe de timp închise, care funcţionează ca un cod pentru călătoria în timp. Rămâne valabilă o întrebare foarte serioasă. Din moment ce teoria generală a relativităţii permite călătoria în timp, este aceasta posibilă şi în universul nostru? Iar dacă nu, de ce?

Legată îndeaproape de călătoria în timp este capacitatea de a călători foarte repede dintr-un punct într-altul în spaţiu. Cum am spus şi mai înainte, Einstein a arătat că este nevoie de o cantitate infinită de

energie pentru ca o navă spaţială să poată accelera cu o viteză mai mare decât viteza luminii. Aşadar singura cale de a ajunge dintr-o parte într-alta a galaxiei, într-o perioadă de timp rezonabilă, ar fi dacă am putea deforma spaţiul-timp într-atât încât să creăm un tunel sau o gaură de vierme. Acestea ar putea uni cele două părţi ale galaxiei şi ar funcţiona ca o scurtătură prin care ai putea călători şi te-ai întoarce în timpul vieţii prietenilor tăi. Existenţa găurilor de vierme a venit mereu ca o propunere serioasă, considerată posibilă în cadrul unei civilizaţii viitoare. Dar, dacă poţi să călătoreşti dintr-o parte într-alta a galaxiei într-o săptămână sau două, ai putea să te întorci prin altă gaură de vierme şi să te întorci într-un moment anterior celui în care ai plecat prima dată. Ai putea chiar să te întorci în timp printr-o singură gaură de vierme, dacă cele două capete se deplasează unul faţă de altul.

Pentru a crea o gaură de vierme, spaţiul-timp trebuie deformat invers decât o face materia obişnuită. Materia obişnuită curbează spaţiul-timp în el însuşi, aşa cum este suprafaţa Pământului. Însă, pentru a crea găuri de vierme, este nevoie de materie care să deformeze spaţiul-timp în sens invers, ca suprafaţa unei şei. Lucrurile stau la fel pentru orice modalitate de a deforma spaţiul-timp pentru a călători în trecut, dacă universul nu fost la început atât de curbat, încât să

permită călătoria în timp. Ar fi nevoie de materie cu masă şi densitate de energie negative pentru a curba spaţiul-timp în direcţia dorită.

Energia seamănă din acest punct de vedere cu banii. Dacă ai un sold bancar pozitiv, îi poţi cheltui pe mai multe lucruri. Însă, conform legilor clasice care au fost în vigoare până de curând, nu era permis să ai descoperit de cont pe energie. Aşadar aceste legi ne-ar fi interzis să deformăm universul aşa cum o cere călătoria în timp. Totuşi, legile clasice au fost detronate de teoria cuantică, cea de-a doua mare revoluţie în felul în care vedem universul, alături de teoria generală a relativităţii. Teoria cuantică este mult mai îngăduitoare şi îţi permite să ai descoperit de cont pe unul sau două conturi. Dacă şi băncile ar fi aşa de înţelegătoare... Cu alte cuvinte, teoria cuantică permite ca densitatea de energie să fie negativă în unele locuri cu condiţia să fie pozitivă în altele.

Motivul pentru care teoria cuantică permite ca densitatea de energie să fie negativă este faptul că se bazează pe principiul de incertitudine. Potrivit acestuia, anumite cantităţi, cum ar fi poziţia şi viteza unei particule, nu pot avea amândouă valori bine definite. Cu cât e mai exactă poziţia unei particule, cu atât e mai mare incertitudinea faţă de valoarea vitezei acesteia, fiind valabilă şi viceversa. Principiul de

incertitudine se aplică şi câmpurilor, cum ar fi cel electromagnetic şi cel gravitaţional. În consecinţă, aceste câmpuri nu pot avea valoarea zero nici măcar atunci când ne gândim la spaţiul complet gol. Dacă ar avea valoarea zero, am avea de-a face cu o poziţie şi o viteză bine definite, adică zero. Aceasta ar fi o încălcare a principiului de incertitudine. În schimb, câmpurile ar putea avea un minimum de fluctuaţii. Putem înţelege aceste aşa-zise fluctuaţii ale vidului ca perechi de particule şi antiparticule care brusc apar împreună, se despart şi apoi revin din nou împreună şi se anihilează reciproc.

Despre aceste perechi de particule-antiparticule se spune că sunt virtuale fiindcă nu pot fi măsurate cu un detector de particule. Cu toate astea, le putem observa efectele indirect. O modalitate de a face acest lucru este prin ceea ce poartă numele de efectul Casimir. Imaginaţi-vă două foi de metal situate paralel şi la mică distanţă una de alta. Foile funcţionează ca oglinzi pentru particulele şi antiparticulele virtuale. Asta înseamnă că zona dintre foi e ca un tub de orgă şi va accepta unde luminoase doar cu anumite frecvenţe de rezonanţă. A rezultat faptul că s-au înregistrat valori diferite ale fluctuaţiilor de vid sau ale particulelor virtuale între foi în raport cu partea exterioară a acestora, unde fluctuaţiile vidului pot avea orice

lungimi de undă. Aceste valori diferite ale particulelor virtuale înseamnă că acestea nu exercită la fel de multă presiune pe o parte a foilor faţă de cealaltă. Există aşadar o forţă slabă care apropie foile. Această forţă a fost măsurată experimental. Prin urmare particulele virtuale chiar există, şi au efecte reale.

Pentru că sunt mai puţine particule virtuale sau fluctuaţii ale vidului între foi, densitatea de energie este mai mică decât în partea exterioară. Dar densitatea de energie din vid ar trebui să fie zero la mare distanţă de foi. Altfel ar curba spaţiul-timp, iar universul n-ar mai fi aproape plat. Prin urmare, densitatea de energie din zona dintre foi trebuie să fie negativă.

Am primit, aşadar, dovezi experimentale prin curbarea luminii că spaţiul-timp este curb şi confirmarea, prin efectul Casimir, că îl putem curba în direcţia negativă. S-ar părea că, pe măsură ce se dezvoltă ştiinţa şi tehnologia, am putea construi o gaură de vierme sau curba spaţiul şi timpul astfel încât să facem posibilă călătoria în timp. Dacă aşa ar sta lucrurile, s-ar pune multe întrebări şi s-ar ridica numeroase probleme. Una din întrebări ar fi de ce nu s-a întors încă nimeni din viitor să ne spună ce trebuie să facem, dacă într-adevăr călătoria în timp va fi posibilă în viitor.

Chiar dacă ar fi motive întemeiate pentru a ne ţine în

ignoranţă, natura umană fiind aşa cum o ştim, e greu de crezut că cineva n-ar face-o în cele din urmă pe grozavul şi nu ne-ar spune şi nouă, ăstora mai săraci cu duhul, care este secretul călătoriei în timp. Bineînţeles că s-ar găsi câţiva care să susţină că am fost deja vizitaţi din viitor. Ar spune că OZN-urile vin din viitor şi că guvernele sunt implicate într-o conspiraţie mondială prin care muşamalizează totul, cu scopul de a păstra pentru ei cunoştinţele pe care le-au adus extratereştrii. Ce pot spune este că, dacă guvernele ne-ar ascunde ceva, nu se pricep deloc să extragă informaţii folositoare de la extratereştri. Privesc cu scepticism teoriile conspiraţioniste şi consider mai probabilă teoria menţinerii confuziei generale. Relatările referitoare la apariţiile OZN-urilor nu se pot pune toate în seama extratereştrilor, pentru că acestea se contrazic. Dar, din moment ce ne-am dat seama că unele sunt erori sau halucinaţii, nu e mai probabil ca toate să fie aşa decât să spunem că sunt vizitatori din viitor sau din cealaltă parte a galaxiei? Dacă şi-au propus să colonizeze Pământul sau să ne avertizeze de prezenţa vreunui pericol, se dovedesc a fi mai degrabă nepricepuţi.

O modalitate de a pune în acord călătoria în timp cu faptul că nu par să fi existat până acum vizitatori din viitor ar fi să considerăm că aceste călătorii au loc doar către viitor. Din această perspectivă putem spune că

spaţiul-timp din trecutul nostru este fix, pentru că l-am observat şi am văzut că nu este îndeajuns de curbat pentru a permite călătoria în trecut. Pe de altă parte însă, viitorul ne este deschis. Şi poate vom avea capacitatea să îl deformăm îndeajuns de mult încât să permită călătoria în timp. Dar pentru că putem curba spaţiul-timp numai în viitor nu ne-am putea întoarce în prezent sau mai înainte.

Astfel s-ar explica de ce nu am fost invadaţi de turişti din viitor. Dar chiar şi aşa ne rămân numeroase contradicţii nerezolvate. Să presupunem că este posibil să pleci cu o rachetă şi să te întorci înainte să fi plecat. Ce te-ar opri să arunci în aer rampa la lansare sau să împiedici plecarea rachetei într-un fel sau altul? Acest paradox poate lua şi alte forme, cum ar fi să te întorci în timp şi să-ţi ucizi părinţii înainte să te fi născut, dar care sunt, în esenţă, echivalente. Există două soluţii posibile.

Una din soluţii este ceea ce numesc abordarea istoriilor consistente. Aceasta spune că trebuie găsită o soluţie consistentă pentru ecuaţiile fizicii chiar dacă spaţiul-timp este atât de curbat, încât e posibilă călătoria în trecut. Din această perspectivă, nici nu ai putea pleca în călătoria spre trecut decât dacă te-ai şi întors şi nu ai reuşit să arunci în aer rampa de lansare. E o reprezentare coerentă, dar ar presupune să fim foarte hotărâţi: să nu ne răzgândim niciodată. Iar asta

cam spulberă mitul liberului-arbitru.

Are vreun sens să pregătim o petrecere în cinstea călătorilor în timp? Speri să apară cineva?

În 2009 am organizat la colegiul Gonville & Caius, din cadrul Universităţii Cambridge, o petrecere dedicată călătorilor în timp, în vederea unui film despre călătoria în timp. Pentru a mă asigura că vin doar călători în timp veritabili, nu am trimis invitaţiile decât după petrecere. În ziua cu pricina, am stat şi am aşteptat, dar nimeni nu a venit. Am fost dezamăgit, dar nu şi surprins, fiindcă am arătat că, dacă teoria relativităţii generale este corectă şi densitatea de energie pozitivă, călătoria în timp nu este posibilă. M-ar fi făcut foarte fericit ca una din ipotezele mele să se dovedească a fi greşită.

Cea de-a doua soluţie este abordarea istoriilor alternative. Aceasta a fost elaborată de fizicianul David Deutsch şi pare să fie exact ce a avut în minte autorul lui *Back to the Future (Înapoi în viitor).* Potrivit acestei teorii, într-una dintre istoriile alternative nu ar fi posibilă întoarcerea înainte ca racheta să decoleze şi astfel nici posibilitatea de a fi aruncată în aer. Dar, când se întoarce din viitor, călătorul intră într-o altă istorie alternativă. În aceasta, rasa umană depune un efort uriaş să construiască o navetă spaţială, dar, cu puţin

timp înainte de a fi lansată, o navetă spaţială asemănătoare apare dintr-o altă parte a galaxiei şi o distruge.

David Deutsch susţine că abordarea istoriilor alternative este susţinută de conceptul de sumă a istoriilor propus de fizicianul Richard Feynman. Conform teoriei cuantice, universul nu are o singură istorie. Universul cuprinde toate istoriile posibile, fiecare cu şansa sa de a se materializa. Trebuie să existe o istorie posibilă în care este pace în Orientul Mijlociu, deşi gradul de probabilitate al acesteia este redus.

În unele istorii se poate ca spaţiul-timp să fie într-atât de curbat, încât rachetele să poată călători în trecut. Dar fiecare istorie este completă şi autonomă, descriind nu doar spaţiul-timp curbat, ci şi obiectele incluse. Astfel că o rachetă nu se poate transfera într-o istorie alternativă la întoarcere. Face parte din aceeaşi istorie, care trebuie să rămână consistentă cu ea însăşi. Aşadar, în pofida a ceea ce afirmă Deutsch, sunt de părere că ideea sumei istoriilor susţine mai degrabă ipoteza istoriilor consistente decât pe cea a istoriilor alternative.

Se pare că ne-am cam blocat în privinţa teoriei istoriilor consistente. Totuşi, asta nu exclude determinismul sau liberul-arbitru dacă probabilitatea de concretizare este foarte mică în cazul istoriilor în care spaţiul-timp e suficient de curbat încât să permită

călătoria în timp la nivel macroscopic. Este ceea ce eu am numit conjectura protecţiei cronologice: legile fizicii conspiră ca să împiedice călătoria în timp la scară macroscopică.

Se pare că, atunci când spaţiul-timp se curbează până aproape de punctul în care călătoria în trecut devine posibilă, particulele virtuale pot deveni aproape reale, urmând traiectorii apropiate. Densitatea şi energia particulelor virtuale cresc foarte mult. Asta înseamnă că probabilitatea acestor istorii este foarte scăzută. Astfel, ar părea că există o Agenţie pentru Protecţia Cronologiei care lucrează în favoarea istoricilor. Însă discuţia cu privire la spaţiu şi timp se află încă într-un stadiu incipient. În concordanţă cu o formă unificatoare a teoriei corzilor numită Teoria M, care reprezintă şansa noastră de a uni relativitatea generală cu teoria cuantică, spaţiul-timp ar trebui să aibă unsprezece dimensiuni, şi nu doar cele patru pe care noi le experimentăm. Ideea ar fi că şapte din cele unsprezece dimensiuni sunt ghemuite într-un spaţiu atât de mic, încât nu le putem vedea. Pe de altă parte, cele patru direcţii rămase sunt relativ plate şi formează ceea ce noi numim spaţiu-timp. Dacă această reprezentare este corectă, ar fi posibil să amestecăm cele patru direcţii plate cu cele şapte foarte curbate. Nu ştim exact unde va duce acest lucru. Dar lasă deschise posibilităţi

interesante.

În concluzie, ţinând seama de cum înţelegem acum lucrurile, nu putem exclude călătoria de mare viteză în spaţiu şi nici călătoria în trecut. Ar aduce mari probleme de ordin logic, dar să sperăm că există o Lege pentru protecţia cronologiei care să îi împiedice pe oameni să-şi omoare părinţii când se întorc în timp. Iar iubitorii de science-fiction să nu se lase descurajaţi. Teoria M ne dă speranţe în această direcţie.

7. Vom supravieţui pe Pământ?

În ianuarie 2018, *Bulletin of the Atomic Scientists*, o revistă fondată de câţiva oameni de ştiinţă care au lucrat şi la Proiectul Manhattan, cel în cadrul căruia s-au produs primele arme nucleare, a setat Ceasul Zilei de Apoi, cel cu care măsurau iminenţa unei catastrofe (militare sau naturale) ce ameninţa planeta, la două minute înainte de miezul nopţii.

Ceasul are un trecut interesant. Istoria sa merge până în 1947, când era atomică se afla abia la început. După primul test al unei bombe atomice, în iulie 1945, Robert Oppenheimer, savantul care conducea Proiectul Manhattan, a declarat: „Ştiam că lumea nu va mai fi la fel. Unii oameni au râs, alţii au plâns, cei mai mulţi au păstrat tăcerea. Mi-am adus aminte de un vers din

scrierea hindusă Bhagavad-Gita: «Acum am devenit Moartea, distrugătoarea de lumi» “.

În 1947, ceasul a fost setat iniţial la şapte minute înainte de miezul nopţii. Acum este mai aproape de Ziua de Apoi decât a fost vreodată, cu excepţia anilor ’50, când a început Războiul Rece. Ceasul şi funcţionarea sa sunt, bineînţeles, pur simbolice, dar mă simt nevoit să subliniez că un asemenea semnal de alarmă tras de oamenii de ştiinţă trebuie luat în serios măcar în parte de când Donald Trump a devenit preşedinte. Îşi trăieşte omenirea ultimele clipe, sau e o alarmă falsă? Alarma a venit la timp, sau ne pierdem vremea cu asemenea întrebări?

Noţiunea de timp mă interesează în mod deosebit. În primul rând, cartea mea cea mai vândută, şi motivul pentru care am ajuns să fiu cunoscut în afara comunităţii ştiinţifice, se numeşte *Scurtă istorie a timpului.* Astfel, poate că vă închipuiţi că sunt expert în timp, deşi, în zilele noastre, să fii expert în ceva nu e neapărat cel mai bun lucru. În al doilea rând, fiind un om căruia la vârsta de 21 de ani i s-a spus că mai are doar cinci ani de trăit şi care a împlinit 76 de ani în 2018, sunt expert în timp şi la alt nivel, unul mult mai personal. Sunt profund conştient de trecerea timpului şi mi-am trăit mare parte din viaţă cu sentimentul că timpul care mi-a fost acordat este, cum se spune, doar

împrumutat.

Fără îndoială, lumea în care trăim se află într-un moment de mare instabilitate politică, cum nu îmi aduc aminte să fi fost altul. Foarte mulţi oameni se simt abandonaţi atât din punct de vedere economic, cât şi social. Ca urmare, se îndreaptă către politicieni populişti – sau cel puţin populari – care au foarte puţină experienţă la guvernare şi a căror capacitate de a lua decizii cumpătate într-o situaţie de criză încă nu a fost verificată. Aceasta ar lăsa să se înţeleagă că poate ar trebui setat Ceasul Zilei de Apoi mai aproape de punctul critic, din moment ce puterile nepăsătoare sau ostile par să grăbească Armaghedonul.

Pământul este ameninţat din atâtea părţi, încât îmi este greu să rămân optimist. Ameninţările sunt prea mari şi prea multe.

În primul rând, Pământul devine un loc prea mic pentru noi. Resursele naturale se epuizează într-un ritm alarmant. I-am oferit planetei un dar fatal: schimbarea climatică. Temperaturi în creştere, topirea calotei glaciare, defrişări, suprapopulare, boli, război, foamete, lipsa apei potabile şi decimarea faunei; toate astea au o rezolvare, dar până acum nimic nu s-a rezolvat.

Cu toţii suntem vinovaţi pentru încălzirea globală. Vrem maşini, să călătorim şi o viaţă mai bună.

Problema e că, atunci când o să ne dăm seama de ce se întâmplă, s-ar putea să fie prea târziu. Acum, când suntem în pragul celei de-a doua ere nucleare şi sub ameninţarea unei schimbări climatice fără precedent, oamenii de ştiinţă au, din nou, deosebita responsabilitate de a informa publicul larg şi de a sfătui conducătorii asupra pericolelor care ameninţă omenirea. În calitate de oameni de ştiinţă, înţelegem riscurile şi efectele devastatoare pe care le presupun armele nucleare şi descoperim cum anume activităţile umane şi tehnologia afectează sistemele climatice şi cum pot schimba definitiv viaţa pe Pământ. Ca cetăţeni ai acestei lumi avem datoria de a împărtăşi cunoştinţele acumulate şi să avertizăm publicul despre riscurile inutile la care ne expunem zi de zi. Pericole grave ne aşteaptă în viitor dacă guvernele şi societatea în general nu acţionează acum în sensul eliminării armelor nucleare şi al prevenirii schimbărilor climatice.

În acelaşi timp, într-un moment în care lumea noastră trece printr-o profundă criză ecologică, mulţi politicieni neagă realitatea schimbărilor climatice antropogene şi chiar capacitatea omului de a inversa acest proces. Pericolul este ca încălzirea globală să devină un proces autonom, dacă nu cumva a devenit deja. Topirea calotelor glaciare arctice şi antarctice reduce cantitatea de energie solară reflectată în spaţiu, fapt care creşte şi

mai mult temperatura. Modificările de climă pot distruge Pădurea Amazoniană, precum şi alte păduri tropicale umede, eliminându-se astfel una din modalităţile principale prin care dioxidul de carbon este înlăturat din atmosferă. Creşterea temperaturii apei din mări şi oceane poate declanşa emisia unor mari cantităţi de dioxid de carbon. Aceste două fenomene accentuează efectul de seră, sporindu-se astfel încălzirea globală. Ambele efecte ar putea duce la o climă ca cea de pe Venus: extrem de fierbinte şi cu ploi de acid sulfuric, la o temperatură de 250 de grade Celsius. Viaţa pentru specia umană ar fi imposibilă. E nevoie să depăşim Protocolul de la Kyoto, convenţia internaţională adoptată în 1997, şi să reducem emisiile de carbon acum. Avem tehnologia necesară. Avem nevoie doar de voinţă politică.

Oamenii sunt adesea ignoranţi şi acţionează necugetat. De-a lungul istoriei, în momente asemănătoare de criză, găseam locuri noi pe care să le colonizăm. Aşa cum a făcut Columb în 1492, când a descoperit Lumea Nouă. Acum însă, nu mai există nicio lume de colonizat. Nicio utopie pe-aproape. Nu mai avem unde să evadăm pe Pământ, iar singurul loc unde putem merge este către alte lumi.

Universul este un loc violent. Stelele înghit planete, supernovele umplu cu raze letale întreg spaţiul, găurile

negre se ciocnesc unele de altele, iar asteroizii aleargă peste tot cu sute de kilometri pe secundă. Cu siguranţă, spaţiul nu pare un loc foarte atractiv din cauza acestor fenomene, dar tocmai din acest motiv ar trebui să nu ne complacem şi să-l explorăm. Suntem fără apărare în cazul unei coliziuni cu un asteroid. Ultima coliziune de amploare a fost cu aproximativ 65 de milioane de ani în urmă, un eveniment despre care se crede că a dus la extincţia dinozaurilor. Dar se va întâmpla din nou. Nu e o chestiune ştiinţifico-fantastică; legile fizicii şi ale teoriei probabilităţilor ne asigură că aşa se va întâmpla.

Un război nuclear rămâne cea mai mare ameninţare asupra omenirii în acest moment. E un pericol rămas în umbră momentan. Rusia şi Statele Unite nu mai sunt aşa grăbite să apese pe buton, dar să presupunem că are loc un accident sau că teroriştii acaparează armele pe care aceste ţări încă le deţin. Iar riscul creşte pe măsură ce tot mai multe ţări îşi asigură arsenal nuclear. Chiar şi după sfârşitul Războiului Rece, încă există suficiente arme nucleare care să ne distrugă pe toţi, de mai multe ori chiar, iar apariţia unor noi naţiuni cu putere nucleară va creşte instabilitatea. În timp, ameninţarea nucleară poate scădea, însă alte ameninţări vor apărea, aşa că trebuie să rămânem mereu în gardă.

Într-un fel sau altul, cred că este aproape inevitabil ca

o confruntare nucleară sau o catastrofă ecologică să devasteze Pământul la un moment dat în următorii 1000 de ani, care, la scara erelor geologice, nu sunt mai mult de o clipă. Sper ca până atunci ingeniozitatea noastră caracteristică să ne ajute să găsim o modalitate de a scăpa, de dependenţa supărătoare faţă de Pământ şi să supravieţuim dezastrului. Evident că acest lucru nu va fi posibil pentru milioanele de vieţuitoare de pe Pământ, iar asta ne va rămâne nouă, ca specie, pe conştiinţă.

Cred că ne privim cu o indiferenţă nesăbuită viitorul pe planeta Pământ. În acest moment nu avem unde pleca, însă pe termen lung omenirea nu ar trebui să joace totul pe o singură carte – sau pe o singură planetă. Să sperăm că nu se epuizează toate cărţile câştigătoare înainte să aflăm cum putem evada de aici. Dar suntem, prin natura noastră, exploratori. Suntem motivaţi de curiozitate, care este o trăsătură profund umană. Tocmai această curiozitate mobilizatoare ne-a determinat să demonstrăm că Pământul nu este plat, şi acelaşi instinct ne îndreaptă către stele cu viteza gândului, îndemnându-ne să ajungem acolo şi în realitate. Iar atunci când reuşim să facem un salt uriaş, cum a fost aselenizarea, înălţăm întreaga omenire, aducem oamenii şi naţiunile împreună, conduşi de noi descoperiri şi noi tehnologii. Pentru a putea pleca de pe

Pământ este nevoie de un efort concertat şi global – trebuie să participe întreaga lume. Trebuie să reînviem entuziasmul perioadei de început a călătoriilor în spaţiu din anii ’60. Suntem foarte aproape să avem şi tehnologia necesară. A venit momentul să explorăm şi alte sisteme solare. Extinderea teritoriului pe care putem trăi ar fi singurul lucru care să ne salveze de noi înşine. Sunt convins că este necesar ca oamenii să părăsească Pământul. Dacă rămânem, riscăm să fim anihilaţi.

*

Aşadar, dincolo de speranţa mea că vom explora spaţiul, cum va arăta viitorul şi cum ne va putea ajuta ştiinţa?

Imaginea consacrată a tehnologiei viitorului este dată de serialele ştiinţifico-fantastice precum *Star Trek.* Producătorii m-au convins chiar să apar în cadrul unui episod al serialului, şi trebuie să recunosc că nu le-a fost greu deloc.

A fost distractiv să apar în serial, dar motivul pentru care menţionez acest episod este pentru a evidenţia un aspect important. Mai toate imaginile viitorului care ne-au fost prezentate de la H.G. Wells încoace au fost, în general, statice. Acestea ilustrează o societate care, de cele mai multe ori, este considerabil mai avansată decât societatea noastră în ştiinţă, tehnologie şi

organizare politică. (Pentru cea din urmă, nici nu ar fi foarte greu.) în intervalul dintre prezent şi momentul respectiv trebuie să fi avut loc mari schimbări, însoţite de tensiunile şi frământările inerente. Iar atunci când ni se prezintă viitorul, ştiinţa, tehnologia şi organizarea societăţii vor fi ajuns aproape de perfecţiune.

Am dubii în privinţa acestui tablou şi mă întreb dacă vom ajunge vreodată la finalul demersurilor noastre ştiinţifice şi tehnologice. În niciun moment din ultimii 10.000 de ani, sau de la ultima eră glaciară, omenirea nu a ajuns la un nivel stabil de cunoaştere sau tehnologie. Au existat câteva obstacole, cum ar fi ceea ce am numit Evul Mediu întunecat, care a urmat căderii Imperiului Roman. Iar populaţia pe glob, care este măsura capacităţilor noastre tehnologice de a proteja viaţa şi de a ne hrăni, a crescut constant, cu câteva sincope, cum a fost Ciuma Neagră. În ultimii 200 de ani creşterea a fost, pe alocuri, exponenţială – iar populaţia globului a ajuns de la 1 miliard la aproximativ 7,6 miliarde. Dezvoltarea tehnologică recentă este dată şi de consumul ridicat de energie sau de numărul mare de articole ştiinţifice. Şi acestea au avut o creştere aproape exponenţială. Acum avem aşteptări atât de mari, încât unii oameni se simt păcăliţi de politicieni şi savanţi pentru că nu am ajuns la acele reprezentări utopice ale viitorului. De exemplu, în filmul *2001: O*

odisee spaţială aveam o bază pe Lună şi lansam navete către Jupiter controlate uman, sau mai bine zis cu echipaj uman la bord.

Nu există vreun semn că dezvoltarea ştiinţifică şi tehnologică va încetini drastic sau se va opri în viitorul apropiat. Cu siguranţă, nu în perioada de timp din *Star Trek,* adică peste aproximativ 350 de ani. Dar ritmul de creştere din prezent nu poate continua şi în mileniul următor. Până în anul 2600, populaţia globală va deveni foarte numeroasă, iar consumul de electricitate va face Pământul să strălucească. Dacă ai pune cărţile noi una lângă alta, la ritmul actual de publicare, ar trebui sa mergi cu o viteză de 145 km/h doar ca să ţii pasul cu capătul liniei. Evident că, până în 2600, noile lucrări artistice şi ştiinţifice vor apărea mai degrabă în format electronic decât sub forma cărţilor sau articolelor tipărite. Oricum, dacă se păstrează această creştere exponenţială, vor apărea zece articole pe secundă în domeniul meu de interes, fizica teoretică, şi nu va fi timp pentru parcurgerea lor.

E limpede că această creştere exponenţială nu va continua la nesfârşit. Aşadar ce se va întâmpla? O posibilitate este să ne autoexterminăm, provocând un dezastru, cum ar fi un război nuclear. Iar dacă nu ne distrugem în totalitate, există posibilitatea să cădem la un nivel foarte jos de brutalitate şi barbarie, ca în scena

de început din *Terminator.*

Cum vor evolua ştiinţa şi tehnologia pe parcursul următorului mileniu? E foarte greu de răspuns. Cu riscul de a mă băga singur în încurcătură, o să vă spun care sunt predicţiile mele. Sunt ceva şanse să am dreptate în privinţa următoarelor sute de ani, dar pentru restul mileniului fac doar pure speculaţii.

Înţelegerea ştiinţei în accepţiunea modernă a termenului începe cam în aceeaşi perioadă în care europenii se instalau în America de Nord, iar pe la sfârşitul secolului al XIX-lea se pare că am ajuns să înţelegem lumea folosindu-ne de ceea ce acum poartă numele de legi clasice. Dar, după cum am putut vedea, descoperirile din secolul XX au arătat că energia vine în mici cantităţi numite cuante, iar Max Planck şi alţi savanţi au formulat o nouă teorie cunoscută sub numele de mecanică cuantică. Această teorie a propus o reprezentare complet diferită a realităţii, în care lucrurile nu au o istorie unică, ci multiple istorii posibile, fiecare cu gradul său de probabilitate. În cazul particulelor individuale, toate istoriile posibile trebuie să includă moduri în care acestea să călătorească cu viteze mai mari decât viteza luminii şi chiar moduri de a călători înapoi în timp. Totuşi, aceste moduri de a călători în trecut nu sunt asemenea îngerilor care dansează pe vârful unui ac. Ele au consecinţe reale,

observabile. Chiar şi ceea ce numim spaţiu gol e plin de particule care se mişcă în bucle închise în spaţiu şi timp. Adică avansează în timp pe o parte a buclei şi se întorc în timp pe cealaltă parte.

Ciudat la aceste particule este că, existând un număr infinit de puncte în spaţiu şi timp, va exista şi un număr infinit de bucle închise posibile. Iar un număr infinit de bucle închise posibile ar avea o cantitate infinită de energie şi ar curba spaţiul şi timpul până s-ar ajunge la formarea unei singularităţi. Nici măcar literatura ştiinţifico-fantastică nu a imaginat ceva atât de straniu. E nevoie de metode de calcul cu adevărat ingenioase când lucrezi cu cantităţi infinite de energie, iar în ultimii douăzeci de ani efortul cel mai mare a fost depus în fizica teoretică în sensul găsirii unei teorii în care numărul infinit de bucle închise în spaţiu şi timp se anulează reciproc. Abia atunci vom putea uni teoria cuantică cu relativitatea generală a lui Einstein şi vom dobândi o teorie completă a legilor de bază ce guvernează universul.

Care sunt şansele să descoperim această teorie completă în mileniul următor? Aş zice că destul de mari, dar eu sunt optimist de felul meu. În 1980 am spus că ar fi şanse de 50% să descoperim o teorie completă unificatoare în următorii douăzeci de ani. Am făcut progrese remarcabile de atunci, dar teoria finală

pare să fie la fel de departe. Va fi Sfântul Graal al fizicii mereu de neatins? Eu nu cred acest lucru.

La începutul secolului XX am înţeles modurile de funcţionare ale naturii la scara fizicii clasice, care rămân valabile până la o sutime de milimetru. În primii treizeci de ani ai secolului, modelele fizicii atomice au dus înţelegerea noastră până la o milionime de milimetru. De atunci, cercetarea în fizica nucleară şi a energiilor înalte ne-a condus spre explorarea la la dimensiuni încă şi mai mici, cu un factor de un miliard. Ar părea că am putea descoperi la nesfârşit structuri la scări din ce în ce mai mici. Există totuşi o limită, aşa cum există şi la o serie de păpuşi ruseşti. Într-un final, ajungem la cea mai mică păpuşă, care nu mai poate fi desfăcută. În fizică, cea mai mică păpuşă poartă numele de lungimea Planck şi este egală cu un milimetru împărţit la 100.000 de miliarde de miliarde de miliarde. Nu suntem încă pe punctul de a construi acceleratoare de particule care să poată sonda la distanţe atât de mici. Ar trebui să fie mai mari decât sistemul nostru solar, şi e puţin probabil să fie aprobată construcţia lor, dată fiind situaţia financiară actuală. Există însă concluzii ale teoriilor noastre care pot fi testate cu maşinării mult mai modeste.

Nu e posibil să sondăm până la lungimea Planck în laboratoare, dar putem studia big bangul pentru a

obţine dovezi la energii mai mari şi la o scară mai mică decât am putea realiza pe Pământ. În mare măsură, rămâne totuşi să ne bazăm pe frumuseţea şi consecvenţa matematicii pentru a ajunge la o teorie a întregului.

Imaginea viitorului din *Star Trek,* în care ajungem la un nivel avansat şi stabil, poate deveni realitate în ceea ce priveşte cunoaşterea legilor de bază care guvernează universul. Dar nu cred că vom ajunge vreodată la o stare de echilibru în utilizarea acestor legi. Teoria finală nu va pune graniţe complexităţii sistemelor pe care le creăm, şi sunt de părere că tocmai din această complexitate vor proveni inovaţiile majore ale mileniului următor.

*

Cel mai complex sistem pe care îl deţinem este, de departe, corpul nostru. Viaţa pare să-şi aibă originile în oceanele primordiale care acopereau Pământul acum 4 miliarde de ani. Nu ştim cum anume s-a întâmplat. E posibil ca atomii să se fi unit din pură întâmplare şi astfel să fi creat macromolecule care s-au putut reproduce şi organiza în structuri mai complexe. Ceea ce ştim sigur este că, în urmă cu 3,5 miliarde de ani a apărut ADN-ul, o moleculă foarte complexă. ADN-ul este temelia vieţii pe Pământ. Are o structură de dublu helix, ca o scară în spirală, care a fost descoperită în

1953 de Francis Crick şi James Watson în laboratorul Cavendish de la Cambridge. Cele două lanţuri ale helixului dublu sunt legate prin perechi de baze azotate, similar cu treptele unei scări în spirală. Sunt patru feluri de baze azotate: citozină, guanină, adenină şi timină. Ordinea în care diversele baze azotate se regăsesc în spirală poartă informaţia genetică care permite moleculei de ADN să creeze un organism şi să se reproducă. Pe măsură ce ADN-ul se reproduce, pot apărea erori în ordinea bazelor azotate de-a lungul spiralei. În cele mai multe cazuri, erorile de copiere fac ca ADN-ul să nu se mai poată reproduce. Asemenea erori genetice, numite şi mutaţii, dispar de regulă în acest fel. Dar în puţine cazuri eroarea sau mutaţia măresc şansele ca ADN-ul să supravieţuiască şi să se reproducă. Astfel, conţinutul informaţional din secvenţa bazei azotate evoluează şi creşte în complexitate. Ideea selecţiei naturale a mutaţiilor a fost prima dată propusă de un alt absolvent de la Cambridge, Charles Darwin, în 1858, cu toate că nu cunoştea mecanismul din spatele acesteia.

Care este cea mai mare ameninţare asupra viitorului acestei planete?

Ar fi coliziunea cu un asteroid – este o ameninţare în faţa căreia nu avem niciun fel de apărare. Totuşi, ultima coliziune

de mari dimensiuni cu un asteroid a avut loc acum 66 de milioane de ani şi a dus la extincţia dinozaurilor. Un pericol iminent este schimbarea accelerată a climei. Creşterea temperaturii apei din mări şi oceane poate topi calotele glaciare şi poate declanşa emisia unor mari cantităţi de dioxid de carbon. Ambele efecte ar putea duce la o climă ca cea de pe Venus, dar cu temperaturi de 250 de grade Celsius.

Pentru că evoluţia biologică este, de fapt, o plimbare aleatorie prin parcul tuturor posibilităţilor genetice, ea s-a desfăşurat ca un proces foarte lent. Complexitatea, sau biţii de informaţie codaţi în ADN, este dată de numărul de baze azotate din molecule. Fiecare bit de informaţie poate fi considerat ca un răspuns la întrebările de tipul da/nu. În primele 2 miliarde de ani, rata de creştere a complexităţii trebuie să fi fost de aproximativ un bit la o sută de ani. Rata de creştere a complexităţii ADN-ului a crescut treptat până la aproximativ un bit pe an în ultimele milioane de ani. Acum însă ne aflăm la începutul unei noi ere, în care vom putea creşte complexitatea ADN-ului fără să depindem de ritmul lent al evoluţiei biologice. Puţine s-au schimbat în ADN-ul uman în ultimii 10.000 de ani. Dar sunt şanse să îl reconstruim în întregime în următoarea mie de ani. Bineînţeles, vor fi voci care vor spune că ar trebui interzisă ingineria genetică pe

oameni. Mă îndoiesc însă că o vor putea împiedica. Ingineria genetică utilizată asupra plantelor şi animalelor va fi acceptată din motive economice, şi cu siguranţă va fi încercată şi pe oameni. Cineva tot va proiecta oameni ameliorați undeva pe glob. Cu excepţia cazului în care întreaga lume se va afla sub un regim totalitar, este imposibil ca cineva să nu facă acest lucru la un moment dat.

Evident, crearea de oameni ameliorați va duce la numeroase probleme sociale şi politice faţă de cei fără îmbunătăţiri. Nu pledez în favoarea ingineriei genetice pe subiecţi umani, spun doar că sunt şanse mari să se întâmple pe parcursul acestui mileniu, fie că vrem sau nu. De aceea nu cred în ficţiuni de genul *Star Trek,* unde oamenii sunt fundamental identici cu cei de acum şi peste 350 de ani. Sunt de părere că rasa umană şi ADN-ul ei vor creşte în complexitate într-un ritm destul de accelerat.

Într-un fel, omenirea trebuie să-şi îmbunătăţească aptitudinile fizice şi psihice ca să poată face faţă lumii din ce în ce mai complexe şi unor noi provocări, cum ar fi călătoria în spaţiu. De asemenea, este nevoie să-şi mărească şi complexitatea, pentru ca sistemele biologice să-şi păstreze supremaţia faţă de cele electronice. În acest moment, computerele deţin avantajul vitezei, dar nu dau niciun semn de

inteligenţă. Acest fapt nu este deloc surprinzător, fiindcă computerele actuale au complexitatea creierului unui vierme, o specie care nu s-a remarcat defel prin capacităţile sale intelectuale. Computerele par să respecte însă măcar parţial o versiune a legii lui Moore, care spune că viteza şi complexitatea lor se va dubla la fiecare optsprezece luni. Aceasta este una dintre acele creşteri exponenţiale care, cu siguranţă, nu pot continua la infinit şi care au început să dea semne de încetinire. Cu toate astea, ritmul rapid al îmbunătăţirilor va continua cel mai probabil până în momentul în care calculatoarele vor avea un nivel de complexitate similar creierului uman. Sunt voci care spun că niciodată calculatoarele nu vor da dovadă de inteligenţă adevărată, indiferent ce am înţelege prin asta. Cred însă că, dacă există molecule chimice foarte complicate care pot acţiona asupra oamenilor cu scopul de a-i face inteligenţi, atunci pot exista şi circuite electronice la fel de complicate ce pot determina computerele să se comporte într-un mod inteligent. Iar dacă acestea sunt dotate cu inteligenţă, putem presupune că vor proiecta computere de o şi mai mare complexitate şi inteligenţă.

De aceea mi se pare imposibilă imaginea ştiinţifico-fantastică a unui viitor avansat şi încremenit. În schimb, mă aştept ca această complexitate să crească

într-un ritm accelerat atât în domeniul biologic, cât şi în cel electronic. În următoarea sută de ani nu se va întâmpla mare lucru în acest sens, acesta fiind singurul lucru pe care îl putem spune sigur. Dar la sfârşitul mileniului următor, dacă reuşim să ajungem până atunci, schimbările vor fi fundamentale.

Lincoln Steffens a spus la un moment dat: „Am văzut viitorul şi funcţionează". El vorbea, de fapt, despre Uniunea Sovietică, despre care ştim că nu a funcţionat foarte bine. Cu toate astea, cred că ordinea mondială actuală are un viitor, dar el va fi foarte diferit.

8. Ar trebui să colonizăm spaţiul?

De ce este necesar să mergem în spaţiu? Cum se justifică toată această risipă de efort şi bani pentru nişte pietre de pe Lună? Nu se găsesc oare alte cauze mai bune pe Pământ? Răspunsul evident este: pentru că spaţiul există, e peste tot în jurul nostru. Să nu încercăm să plecăm de pe Pământ ar fi ca şi cum nişte naufragiaţi pe o insulă pustie n-ar încerca să scape. Trebuie să explorăm sistemul solar ca să vedem unde ar putea trăi oamenii.

Într-un fel, situaţia este similară cu ce s-a întâmplat în Europa înainte de 1492. Unii oameni sigur au susţinut că e o cheltuială inutilă să-l trimită pe Columb după cai

verzi pe pereţi. Şi totuşi descoperirea Lumii Noi a schimbat iremediabil Lumea Veche. Imaginaţi-vă doar că n-am fi avut Big Mac sau KFC. Să ne extindem în spaţiu ar presupune un impact şi mai mare. Va schimba complet viitorul omenirii, şi aşa probabil vom afla dacă avem cu adevărat un viitor în faţă sau nu. Nu rezolvă niciuna din problemele urgente cu care ne confruntăm pe Pământ, dar ne va da o nouă perspectivă asupra lor şi ne va determina să privim mai degrabă spre exterior decât în noi înşine. Şi sper că aventura aceasta ne va uni pentru a face faţă acestei provocări comune.

Va fi o strategie pe termen lung, iar prin aceasta înţeleg sute sau chiar mii de ani. Am putea avea o bază pe Lună în treizeci de ani, să ajungem pe Marte în cincizeci de ani şi să explorăm sateliţii celorlalte planete în 200 de ani. Când vorbesc despre a ajunge pe Marte, mă refer la o navetă cu echipaj uman la bord. Am dirijat de la distanţă rovere pe Marte şi am lansat o sondă pe Titan, satelitul lui Saturn, dar dacă ne gândim la viitorul umanităţii va trebui să ne deplasăm noi acolo.

Costurile călătoriei în spaţiu nu vor fi mici, dar vor fi doar o mică parte din resursele globale. Bugetul alocat NASA a rămas relativ constant comparativ cu perioada zborurilor Apollo, dar a scăzut de la 0,3% din PIB-ul Statelor Unite în 1970 la aproximativ 0,1% în 2017.

Chiar dacă am mări bugetul internaţional de douăzeci de ori pentru efortul concret de a merge în spaţiu, tot ar fi doar o mică parte din PIB-ul la nivel mondial.

Vor fi voci care vor susţine că mai bine s-ar folosi aceste sume pentru a rezolva diverse probleme ale planetei, cum ar fi schimbările climatice şi poluarea, mai degrabă decât să cheltuim banii pentru a căuta, poate în van, o nouă planetă. Nu neg importanţa luptei împotriva schimbărilor climatice şi încălzirii globale, dar putem face asta şi să alocăm în acelaşi timp un sfert de procent din PIB-ul lumii pentru spaţiu. Nu merită viitorul nostru un sfert de procent?

În anii ’60 consideram că merită să depunem un efort considerabil pentru explorarea spaţiului. În 1962, preşedintele Kennedy s-a angajat ca SUA să aselenizeze cu echipaj uman până la finalul deceniului. Pe 20 iulie 1969, Buzz Aldrin şi Neil Armstrong au aterizat pe suprafaţa Lunii. Acest eveniment a schimbat definitiv viitorul umanităţii. Aveam 27 de ani în acel moment, eram cercetător la Cambridge, şi am ratat evenimentul. Când a avut loc aselenizarea, mă aflam la Liverpool, la o întâlnire pe subiectul singularităţii, şi ascultam o prelegere a lui René Thorn despre teoria catastrofelor. Nu exista posibilitatea de a vedea în reluare emisiunile pe atunci, iar noi nu aveam televizor, dar mi-a povestit evenimentul băiatul meu de doi ani.

Cursa pentru spaţiu a stârnit fascinaţia pentru ştiinţă şi a accelerat progresul tehnologic. Mare parte dintre savanţii de azi au devenit atunci interesaţi de ştiinţă, inspiraţi fiind de aterizările pe Lună, cu scopul de a ne înţelege mai bine pe noi înşine şi locul nostru în univers. Ele ne-au dat o nouă perspectivă asupra lumii, îndemnându-ne să considerăm planeta ca un întreg. Şi totuşi, după ultima aterizare pe Lună din 1972 şi în absenţa altor planuri pentru noi zboruri cu echipaj uman, a scăzut şi interesul publicului larg pentru spaţiu. Asta a venit la pachet cu ieşirea de sub vraja ştiinţei în ţările vestice, căci, deşi ştiinţa a adus mari beneficii, nu a rezolvat problemele sociale care se aflau preponderent în atenţia publicului.

Iniţierea unui nou program spaţial cu echipaj uman ar reînvia entuziasmul publicului pentru spaţiu şi ştiinţă în general. Misiunile cu roboţi costă mult mai puţin şi pot oferi mai multe informaţii ştiinţifice, însă nu reuşesc să capteze imaginaţia publicului în aceeaşi măsură. Şi nici nu ajută la răspândirea omenirii în spaţiu, ceea ce ar trebui să fie strategia noastră pe termen lung. Crearea unei baze pe Lună până în 2050 şi o aterizare cu echipaj uman pe Marte până în 2070 ar reporni programul spaţial şi i-ar da, de asemenea, un scop în sine în sensul în care a făcut-o preşedintele Kennedy în anii ’60, când avut ca ţintă Luna. La finalul

lui 2017, Elon Musk a anunţat planurile SpaceX pentru o bază pe Lună şi o misiune pe Marte până în 2022, iar preşedintele Trump a semnat o dispoziţie cu privire la politicile spaţiale, reorientând NASA către explorare şi descoperire. Aşadar am putea să ne atingem scopul şi mai devreme.

O reînnoire a interesului pentru spaţiu ar ridica ştiinţa în ochii tuturor. Puţina consideraţie de care se bucură ştiinţa şi oamenii de ştiinţă are consecinţe grave. Trăim într-o societate care este din ce în ce mai mult guvernată de ştiinţă şi tehnologie, dar, cu toate astea, din ce în ce mai puţini tineri doresc să se ocupe de ştiinţă. Un program spaţial nou şi ambiţios i-ar stârni pe tineri şi i-ar motiva să se implice în diverse domenii ale ştiinţei, nu doar în astrofizică şi în ştiinţa spaţiului.

În acest fel au evoluat lucrurile şi pentru mine. Mereu am visat să zbor în spaţiu. Dar timp îndelungat am crezut că atât va rămâne, un vis. Legat inevitabil de Pământ şi de un scaun cu rotile, cum altfel aş putea experimenta măreţia spaţiului decât prin imaginaţie şi prin munca dusă în domeniul fizicii teoretice? Nu am crezut că voi avea vreodată şansa să văd frumoasa noastră planetă din spaţiu sau să privesc în infinitul îndepărtat. Acesta era teritoriul astronauţilor, acei câţiva norocoşi care ajung să trăiască minunea şi fiorul

oferite de zborul în spaţiu. Nu am inclus aici energia şi entuziasmul acelora care au avut misiunea de face primul pas în aventurarea dincolo de graniţele Pământului. Iar în 2007 am fost îndeajuns de norocos încât să merg într-un zbor cu gravitaţie zero şi să experimentez pentru prima dată imponderabilitatea. Nu a durat decât patru minute, dar a fost grozav. Aş fi putut continua la nesfârşit.

După acel moment am spus că mă tem că omenirea nu are niciun viitor dacă nu mergem în spaţiu. Am crezut asta atunci, cred la fel şi acum. Şi sper că am demonstrat atunci că oricine poate călători în spaţiu. Cred că este datoria oamenilor de ştiinţă ca mine, împreună cu antreprenorii cu spirit inovator, să facă tot ceea ce pot pentru a aduce înaintea oamenilor emoţia şi fascinaţia spaţiului.

Dar pot trăi oamenii departe de Pământ timp îndelungat? Din datele pe care le avem la SSI, Staţia Spaţială Internaţională, putem spune că oamenii au capacitatea de a supravieţui multe luni departe de Pământ. Totuşi, gravitaţia zero produce o serie de modificări fiziologice nedorite, printre care slăbirea oaselor, probleme practice cu fluidele ş.a.m.d. Aşadar ar fi de preferat ca bazele oamenilor pe termen lung să fie pe o planetă sau un satelit. Săpând în adâncime, se va obţine izolare termică şi protecţie faţă de meteoriţi şi

raze cosmice. Planeta sau satelitul ar putea servi şi ca sursă de materii prime necesare, în cazul în care comunitatea extraterestră se autosusţine, fiind independentă de Pământ.

Care ar putea fi locurile din sistemul solar în care să se întemeieze o colonie umană? Cel mai evident răspuns ar fi pe Lună. E aproape şi e destul de uşor de ajuns la ea. Deja am aselenizat şi am străbătut-o cu un vehicul. Pe de altă parte însă, Luna e mică, fără atmosferă şi fără un câmp magnetic care să respingă particulele radiaţiilor solare, cum are Pământul. Nu există apă în stare lichidă, deşi ar putea exista gheaţă în craterele de la Polul Nord şi Polul Sud. O colonie pe Lună ar putea-o folosi ca sursă de oxigen, cu electricitate obţinută din energie nucleară sau panouri solare. Luna ar putea fi o bază pentru călătoriile către restul sistemului solar.

Evident că Marte este următoarea ţintă. E mai departe de Soare cu jumătate din distanţa dintre Pământ şi astrul nostru, primind, prin urmare, jumătate din cantitatea de căldură. A avut cândva şi un câmp magnetic, dar el s-a dezintegrat acum 4 miliarde de ani, lăsând planeta fără protecţie în faţa radiaţiilor solare. În acest fel Marte şi-a pierdut mare parte din atmosferă, rămânând cu doar 1% din presiunea pe care o are atmosfera Pământului. Cu toate astea, presiunea

trebuie să fi fost mai mare în trecut, pentru că vedem un fel de foste canale de curgere şi lacuri secate. Nu poate exista în acest moment apă în formă lichidă pe Marte. S-ar evapora în vidul parţial. Aceasta ar lăsa să se înţeleagă că Marte a avut o perioadă caldă şi umedă, în care este posibil să fi apărut viaţa, fie spontan, fie prin panspermie (adică să fie adusă de altundeva din univers). Acum nu există urme de viaţă pe Marte, dar dacă am găsi dovezi că a existat la un moment dat ar însemna că şansele ca viaţa să apară pe o planetă asemănătoare ar fi destul de mari. Trebuie totuşi să fim atenţi şi să nu aducem cumva forme de viaţă de pe Pământ, pentru a le confunda apoi cu organisme care ar fi de pe Marte. La fel, trebuie să fim foarte atenţi şi să nu aducem pe Pământ forme de viaţă de pe Marte. Nu am avea rezistenţa necesară, şi o astfel de eroare ar putea distruge viaţa de pe planeta noastră.

NASA a trimis un număr mare de navete pe Marte, prima fiind Mariner 4, în 1964. A survolat planeta cu ajutorul mai multor navete spaţiale care orbitează, ultima fiind o navetă de cercetare a mediului planetar. Cercetările au scos la iveală albii adânci şi cei mai înalţi munţi din sistemul solar. NASA a trimis de asemenea mai multe sonde pe suprafaţa lui Marte, ultimele fiind două rovere. Acestea au trimis la rândul lor poze cu un relief deşertic, uscat. Ca şi pe Lună, apa şi oxigenul ar

putea fi obţinute din gheaţa polară. Pe Marte a existat şi activitate vulcanică. Aceasta ar fi adus la suprafaţă minerale şi metale care ar putea fi folosite într-o colonie.

Luna şi Marte sunt cele mai potrivite pentru a stabili colonii în sistemul solar. Mercur şi Venus au o temperatură prea ridicată, în timp ce Jupiter şi Saturn sunt giganţi gazoşi, fără suprafaţă solidă. Sateliţii lui Marte sunt foarte mici şi nu oferă mai multe avantaje decât planeta în sine. Ar mai fi potriviţi unii dintre sateliţii lui Jupiter şi Saturn. Europa, unul dintre sateliţii lui Jupiter, este şi ea acoperită de gheaţă. Dar mai în adâncime ar putea fi apă în stare lichidă, în care poate că a apărut viaţa. Cum putem afla acest lucru? Trebuie să aterizăm pe Europa şi să facem acolo o gaură?

Titan, un satelit al lui Saturn, este mai mare şi mai masiv decât Luna noastră şi deţine o atmosferă densă. Misiunea Cassini-Huygens iniţiată de NASA şi de Agenţia Spaţială Europeană a trimis o sondă pe Titan care a trimis poze cu suprafaţa satelitului. E totuşi foarte frig, fiind atât de departe de Soare, şi nici nu m-aş imagina trăind lângă un lac de metan lichid.

Dar cum ar fi să ne aventurăm cu curaj dincolo de sistemul solar? Din observaţiile noastre, putem spune că un procent semnificativ de stele au planete care le

orbitează. Până acum putem identifica doar planete gigant, ca Jupiter şi Saturn, dar putem presupune că ele sunt însoţite de altele mai mici, asemănătoare cu Pământul. Unele dintre acestea se vor găsi în zona Goldilocks[4], la distanţa potrivită de stea astfel încât să poată exista apă în stare lichidă pe suprafaţa planetei. Sunt în jur de o mie de stele la distanţă de treizeci de ani-lumină de Pământ. Dacă 1% dintre acestea au planete de mărimea Pământului în zona Goldilocks, avem zece candidate pentru Lumea Nouă.

Să luăm Proxima b ca exemplu. Această exoplanetă, care este cea mai apropiată de Pământ, aflându-se totuşi la distanţă de 4,5 ani-lumină, orbitează steaua Proxima Centauri în sistemul solar Alfa Centauri, iar studiile recente arată că este asemănătoare întru câtva cu Pământul.

Poate că nu este posibilă călătoria către niciuna dintre aceste stele cu tehnologia actuală, dar cu un pic de

---

[4] Zonă locuibilă circumstelară (abreviat ZLC) este un termen astronomic, o regiune condiţionată în spaţiu, definită pe baza condiţiilor de pe suprafaţa planetelor care se includ în această zonă. Astfel, acestea trebuie să fie apropiate de cele terestre, pentru a asigura existenţa apei în stare lichidă. în consecinţă, aceste planete şi sateliţi ar fi favorabili apariţiei vieţii similare cu cea de pe Pământ. în literatura engleză, ZLC mai este numită şi zona Goldilocks (după basmul *Goldilocks and the Three Bears).* De obicei, pentru a fi în zona locuibilă, o planetă nu trebuie să fie nici prea departe de stea, nici prea aproape de ea, ci la o distanţă anume, cea „corectă" (sursa: ro.wikipedia.org) (n. tr.).

imaginaţie putem stabili călătoria interstelară ca obiectiv pe termen lung – să zicem pentru următorii 200-500 de ani. Viteza cu care putem lansa o rachetă este determinată de două lucruri: viteza de evacuare şi procentul de masă pe care racheta îl pierde pe măsură ce accelerează. Viteza de evacuare a rachetelor chimice, ca acelea pe care le-am folosit până acum, este de aproximativ trei kilometri pe secundă. Prin pierderea a circa 30% din masă, acestea pot atinge o viteză de aproximativ jumătate de kilometru pe secundă, pentru ca apoi să încetinească din nou. Conform NASA, călătoria până la Marte ar dura doar 260 de zile, plus/minus zece zile, unii oameni de ştiinţă de la NASA vorbind chiar de 130 de zile. Dar ar dura trei milioane de ani să ajungem la sistemul stelar cel mai apropiat. Pentru o deplasare mai rapidă ar fi nevoie de o viteză de evacuare mai mare decât cea pe care o pot oferi rachetele chimice, adică viteza luminii. Un fascicul de lumină puternic venit din partea din spate ar putea propulsa nava. Prin fuziune nucleară s-ar putea asigura 1% din masa şi energia navei, care ar putea să o accelereze până la o zecime din viteza luminii. Dincolo de această valoare, am avea nevoie fie de fenomenul anihilării materie-antimaterie, fie de o formă complet nouă de energie. De fapt, distanţa până la Alfa Centauri este atât de mare, încât, pentru a ajunge la ea într-o

viaţă de om, o navă spaţială ar trebui să ducă combustibil cu o masă aproximativ egală cu cea a tuturor stelelor din galaxie. Cu alte cuvinte, dată fiind tehnologia actuală, călătoria interstelară este practic imposibil de efectuat. Alfa Centauri nu poate fi viitoarea noastră destinaţie de vacanţă.

Avem şansa să schimbăm lucrurile, mulţumită imaginaţiei şi ingeniozităţii noastre. În 2016, împreună cu antreprenorul Yuri Milner, am iniţiat Breakthrough Starshot, un program de cercetare şi dezvoltare pe termen lung, cu scopul de a transforma călătoria interstelară în realitate. Dacă reuşim, vom trimite o sondă către Alfa Centauri în timpul vieţii oamenilor care trăiesc acum. Dar voi reveni la acest subiect de îndată.

Cum începem această călătorie? Deocamdată am putut explora doar vecinătatea cosmică imediată. Acum patruzeci de ani, cel mai cutezător explorator al nostru, staţia Voyager, a ajuns în spaţiul interstelar. Viteza acestuia, 17,7 kilometri pe secundă, înseamnă că va avea nevoie de 70.000 de ani ca să ajungă la Alfa Centauri. Această constelaţie este la distanţă de 4,37 ani-lumină, adică la 40 de trilioane de kilometri depărtare. Dacă există fiinţe în acest moment pe Alfa Centauri, îi vom considera fericiţi că nu au aflat de ascensiunea lui Donald Trump.

E clar că intrăm într-o nouă eră. Primii astronauţi privaţi vor face pionierat, iar primele zboruri vor fi extrem de scumpe, dar sper ca în timp zborul în spaţiu să fie la îndemâna a cât mai mulţi oameni. Să ducem cât mai mulţi pasageri în spaţiu ne-ar oferi o nouă perspectivă asupra locului nostru pe Pământ, precum şi asupra responsabilităţii noastre de ocrotitori ai lui, şi ne va ajuta să ne identificăm locul şi viitorul în cosmos – acolo unde cred că ne vom împlini destinul.

Breakthrough Starshot reprezintă o şansă reală ca omenirea să facă primele incursiuni în spaţiu în vederea testării şi cântăririi posibilităţilor de colonizare. Este o misiune de validare a ipotezei colonizării şi funcţionează pe baza a trei elemente: o navetă spaţială în miniatură, propulsie cu lumină şi lasere de blocare în fază *(phase-locked lasers).* Star Chip, o sondă spaţială complet funcţională de doar câţiva centimetri, va fi ataşată la o pânză solară. Confecţionată din metamateriale, pânza solară cântăreşte doar câteva grame. Se preconizează că o mie de Star Chips cu pânze solare vor fi trimise pe orbită. La sol, o reţea de lasere la scară kilometrică se vor uni într-un singur fascicul de lumină foarte puternic. Se trage cu acel fascicul prin atmosferă în pânze cu o putere de zeci de gigawaţi.

Se apropie era în care oamenii obişnuiţi vor putea

călători în spaţiu. Ce înseamnă asta pentru noi?

Aştept cu nerăbdare călătoriile în spaţiu. Voi fi printre primii care îşi vor cumpăra bilet. Mă aştept ca în următorii o sută de ani să putem călători oriunde în sistemul solar, exceptând poate planetele exterioare. Călătoria către stele va fi însă posibilă mai târziu. Cred că în 500 de ani vom fi vizitat câteva dintre stelele din apropiere. Nu se va întâmpla ca în Star Trek. *Nu ne vom putea deplasa la viteză warp. Astfel că o călătorie dus-întors va dura cel puţin zece ani, poate şi mai mult.*

Ideea din spatele acestei inovaţii este deplasarea nanonavetei pe baza fasciculului de lumină, aşa cum şi-a imaginat Einstein călătoria pe o rază de lumină pe când avea 16 ani. Nu e chiar la viteza luminii, ci la o cincime din valoarea acesteia, adică 1600 km/h. Un astfel de sistem ar putea ajunge pe Marte în mai puţin de o oră, la Pluto în câteva zile, ar trece de Voyager în mai puţin de o săptămână şi ar ajunge la Alfa Centauri în puţin peste douăzeci de ani. Odată ajunsă acolo, nanonaveta ar putea să creeze o hartă a planetelor descoperite în sistem, să facă teste în vederea identificării câmpurilor magnetice şi moleculelor organice şi să trimită informaţii spre Pământ cu un alt fascicul laser. Acest semnal firav ar fi recepţionat de aceeaşi reţea de antene cu care a fost lansat fasciculul, şi

se estimează că se va întoarce în aproximativ patru ani. Un aspect important este că traiectoria descrisă de aceste Star Chips poate include şi un survol al Proxima b, planeta de dimensiunea Pământului care se află în zona locuibilă a stelei gazdă în Alfa Centauri. În 2017, Breakthrough şi Observatorul European Sudic şi-au unit forţele pentru a continua căutarea de planete locuibile în Alfa Centauri.

Breakthrough Starshot şi-a propus şi câteva obiective secundare. Va explora sistemul solar în căutarea asteroizilor care intersectează orbita Pământului în jurul Soarelui. În plus, fizicianul german Claudius Gros a propus ca această tehnologie să fie folosită şi pentru a pune bazele unei biosfere de microbi unicelulari pe exoplanetele locuibile doar în tranzit.

Până acum, toate acestea sunt posibile. Sunt totuşi şi câteva provocări majore. Un laser cu puterea de un gigawatt va produce o forţă de propulsie de doar un newton. Dar nanonaveta va compensa acest lucru, având o masă de doar câteva grame. Provocările tehnice sunt uriaşe. Nanonaveta trebuie să reziste acceleraţiei extreme, frigului, vidului şi protonilor, precum şi ciocnirilor cu diverse reziduuri cum ar fi praful cosmic. În plus, va fi dificilă focalizarea tuturor laserelor însumând 100 de gigawaţi înspre pânzele solare din cauza turbulenţelor atmosferice. Cum

sincronizăm sute de lasere prin atmosfera aflată în mişcare, cum propulsăm nanonavetele fără ca acestea să ia foc şi cum le îndreptăm pe toate spre ţinta corectă? apoi trebuie să asigurăm funcţionarea nanonavetei în spaţiul vid şi rece timp de douăzeci de ani pentru a putea retrimite semnale peste patru ani-lumină. Dar acestea sunt probleme tehnice, iar asemenea provocări ajung, într-un final, să fie rezolvate. Pe măsură ce tehnologia avansează, se pot imagina şi alte misiuni interesante. Chiar şi cu o reţea de lasere de mai mică putere, timpii de călătorie către alte planete, către sistemul solar exterior sau către spaţiul interstelar ar putea fi drastic redus.

Bineînţeles că aceasta nu va fi o călătorie interstelară cu echipaj uman, chiar dacă am construi nava astfel încât să poată avea oameni la bord. Ea nu se va putea opri. Dar acesta va fi momentul în care civilizaţia noastră va ajunge în spaţiul interstelar, când, în sfârşit, vom cuceri galaxia. Iar dacă Breakthrough Starshot ne-ar trimite imagini cu planete locuibile care orbitează vecinii cei mai apropiaţi, acestea ar avea o importanţă uriaşă pentru viitorul omenirii.

În final, mă întorc la Einstein. În cazul în care găsim o planetă în sistemul Alfa Centauri, imaginea acesteia, aşa cum ar fi ea surprinsă de aparatul care se deplasează cu o cincime din viteza luminii, va fi uşor

deformată din pricina efectelor produse de relativitatea specială. Va fi pentru prima dată când o navă spaţială va fi mers îndeajuns de repede pentru ca astfel de efecte să poată fi observate. De fapt, teoria lui Einstein este esenţială pentru întreaga misiune. Fără ea nu am putea avea nici laserele, nici posibilitatea de a face calculele necesare pentru a efectua ghidarea, preluarea de imagini şi transmisia de date la peste patruzeci de trilioane de kilometri depărtare şi la o cincime din viteza luminii.

Putem vedea cum se uneşte visul băiatului de 16 ani de a călători pe o rază de lumină cu visul nostru, pe care dorim să-l transformăm în realitate, acela de a călători pe raza noastră de lumină către stele. Suntem în pragul unei noi ere. Colonizarea altor planete de către oameni nu mai este de domeniul literaturii ştiinţifico-fantastice. Poate fi o realitate ştiinţifică. Omenirea există ca specie de aproximativ două milioane de ani. Civilizaţia a început acum 10.000 de ani, iar ritmul de dezvoltare creşte constant. Dacă omenirea continuă să existe un milion de ani de acum încolo, în viitor trebuie să mergem cu curaj acolo unde nu a ajuns nimeni niciodată.

Sper că va fi bine. Trebuie să sper. Nu avem de ales.

9. Ne va depăşi inteligenţa artificială?

Inteligenţa este o parte fundamentală din ceea ce înseamnă să fii om. Tot ceea ce are de oferit civilizaţia noastră este un produs al inteligenţei.

ADN-ul transmite tiparele vieţii de la o generaţie la alta. Forme de viaţă din ce în ce mai complexe utilizează informaţii care vin de la simţuri, cum ar fi ochii sau urechile, pe care le trimit la creier, iar acesta trebuie să găsească căi de a procesa informaţia pentru a-i da organismului posibilitatea de a supravieţui în lumea reală, de exemplu prin transmiterea impulsurilor corecte la muşchi. La un moment dat de-a lungul istoriei noastre de 13,8 miliarde de ani, s-a întâmplat ceva minunat. Procesarea informaţiilor a devenit atât de inteligentă, încât formele de viaţă au devenit conştiente. Universul s-a trezit, fiind conştient de el însuşi. E un fapt remarcabil că noi, care nu suntem decât un pumn de praf de stele, am ajuns să avem o înţelegere atât de detaliată a universului în care trăim.

Cred că nu există o diferenţă semnificativă între felul în care funcţionează creierul unui vierme şi felul în care prelucrează informaţia un computer. Mai mult, cred că evoluţia implică faptul că nu poate exista o diferenţă calitativă între creierul unui vierme şi creierul unui om. De aici rezultă că, în principiu, computerele pot atinge

performanţele creierului uman, ba chiar le-ar putea depăşi. În mod clar, există posibilitatea ca o formă de viaţă să devină mai inteligentă decât predecesorii ei: noi am devenit mai inteligenţi decât strămoşii noştri primate, iar Einstein era mai deştept decât părinţii săi.

Dacă computerele vor continua să evolueze conform legii lui Moore, după care viteza şi capacitatea de memorare a procesoarelor se dublează la fiecare optsprezece luni, devine probabil ca în următoarea sută de ani computerele să depăşească inteligenţa umană. Atunci când o inteligenţă artificială va deveni mai bună decât oamenii la proiectat inteligenţe artificiale, astfel încât să reuşească să se îmbunătăţească pe sine recursiv fără ajutor uman, am putea asista la o explozie a inteligenţei care să ducă la o diferenţă faţă de inteligenţa umană mai mare decât există acum între oameni şi melci. Va trebui să ne asigurăm că, atunci când asta se va întâmpla, computerele vor avea scopuri care coincid cu ale noastre. Este tentant să ne gândim că existenţa unor maşini caracterizate de forme înalte de inteligenţă este doar o ficţiune, dar asta ar fi o greşeală, poate cea mai mare greşeală cu putinţă pe care am putea-o face.

În ultimele două decenii, inteligenţa artificială a fost utilizată cu precădere în analiza problemelor legate de construcţia de agenţi inteligenţi, sisteme care pot

percepe şi acţiona în anumite medii. În acest context, inteligenţa se asociază cu noţiunea statistică şi economică de raţionalitate, ceea ce se traduce colocvial prin abilitatea de a lua decizii bune, de a face planuri sau inferenţe de calitate. Ca rezultat al eforturilor recente, a crescut gradul în care domenii diferite, precum inteligenţa artificială, învăţarea dirijată de computere, statistica, teoria controlului, neuroştiinţele, devin integrate şi se influenţează reciproc. Existenţa unor cadre teoretice comune, laolaltă cu existenţa unei cantităţi tot mai mari de date şi a unei capacităţi tot mai mari de procesare, a dus la succese remarcabile în privinţa unor sarcini foarte diferite cum ar fi recunoaşterea lingvistică, clasificarea imaginilor, vehicule autonome, traduceri automatizate, sisteme robotice de locomoţie sau sisteme care rezolvă diferite probleme.

Pe măsură ce descoperirile din aceste domenii şi din altele migrează din laboratoarele de cercetare în lumea exterioară sub forma unor tehnologii valoroase din punct de vedere economic, apare un cerc virtuos în care şi cele mai mici îmbunătăţiri valorează foarte mulţi bani, ajungându-se astfel ca sume tot mai mari să fie investite în cercetare. Există astăzi un larg consens în cercetare că inteligenţa artificială se ameliorează încontinuu şi că impactul ei asupra societăţii creşte.

Beneficiile potenţiale sunt uriaşe; nu putem prevedea încă ce am putea obţine când această inteligenţă va creşte prin intermediul uneltelor furnizate chiar de inteligenţa artificială. Eradicarea bolilor şi a sărăciei este posibilă. Din pricina potenţialului enorm al inteligenţei artificiale, este esenţial să învăţăm să îi folosim beneficiile în vreme ce ne ferim de neajunsurile pe care le implică. Realizarea cu succes a inteligenţei artificiale ar fi cel mai important eveniment din istoria omenirii.

Din nefericire, s-ar putea să fie şi ultimul dacă nu învăţăm cum să evităm riscurile. Dacă o vom folosi ca pe o unealtă, inteligenţa artificială va putea creşte inteligenţa noastră naturală şi va deschide posibilităţi fără precedent în fiecare sector al societăţii şi al ştiinţei. Totodată, va presupune şi destule pericole. Chiar dacă formele primitive de inteligenţă artificială s-au dovedit utile până acum, mă tem de consecinţele care ar putea decurge din crearea a ceva la nivelul inteligenţei umane sau superior ei. Principala îngrijorare se leagă de posibilitatea ca la un moment dat inteligenţa artificială să înceapă să se autoproiecteze şi să se amelioreze la rate tot mai mari. Oamenii, care evoluează lent, în ritmul evoluţiei biologice, nu ar putea ţine pasul cu asta. Iar în viitor inteligenţa artificială ar putea să-şi dezvolte o voinţă proprie care

să nu mai fie în acord cu a noastră. Alţii sunt de părere că oamenii vor putea controla ritmul evoluţiei tehnologice pentru o perioadă de timp foarte lungă de acum înainte şi că inteligenţa artificială îşi va realiza potenţialul de a rezolva multe dintre problemele omenirii. Deşi sunt cunoscut pentru optimismul meu cu privire la specia umană, de data asta nu sunt deloc sigur.

Pe termen scurt, mă gândesc la proiectele militare din toată lumea prin care se va începe o cursă a înarmării cu sisteme autonome, arme care îşi pot alege şi elimina singure ţinta. În vreme ce ONU se pregăteşte să negocieze un tratat care să interzică astfel de arme, cei care le susţin uită de obicei să pună întrebările importante. Care ar fi punctul final al unei astfel de curse a înarmărilor? E de dorit pentru specia umană să se ajungă la aşa ceva? Chiar vrem ca inteligenţa artificială ieftină să devină Kalaşnikoavele zilei de mâine, vândute criminalilor şi teroriştilor pe piaţa neagră? Dată fiind îngrijorarea cu privire la capacitatea noastră de a controla pe termen lung o inteligenţă artificială care va deveni din ce în ce mai avansată, ar trebui oare să o înarmăm şi să-i încredinţăm apărarea noastră? În 2010, sistemele computerizate de tranzacţionare au dus la ceea ce s-a numit „The Flash Crash" pe piaţa bursieră. Cum ar arăta o astfel de criză

pe piaţa de armament? Cel mai bun moment pentru a opri cursa înarmării cu sisteme autonome este chiar acum.

Pe termen mediu, inteligenţa artificială poate duce la automatizarea slujbelor şi poate aduce atât prosperitate, cât şi o mai mare egalitate de şanse. Dacă privim înainte, nu există limite fundamentale pentru ceea ce am putea obţine. Nu există legi fizice care să împiedice particulele să se organizeze în moduri care să le dea voie să realizeze computaţii mai avansate decât cele permise de organizarea particulelor din creierul uman. O tranziţie explozivă este posibilă, deşi s-ar putea întâmpla altfel decât în filme. După cum şi-a dat seama matematicianul Irving Good în 1965, maşinile cu capacităţi superumane ar putea să-şi îmbunătăţească designul continuu, ajungându-se la ceea ce scriitorul de science-fiction Vernor Vinge a denumit o singularitate tehnologică. Ne putem imagina cu uşurinţă cum asemenea tehnologii vor putea depăşi în complexitate pieţele financiare, cum vor putea întrece oamenii de ştiinţă, cum ar putea manipula conducătorii politici şi cum, în cele din urmă, ne-ar putea învinge cu arme pe care nici măcar nu le înţelegem. Impactul pe termen scurt al inteligenţei artificiale depinde de cine controlează această tehnologie, dar pe termen lung va trebui să ne întrebăm

dacă va putea fi controlată cu adevărat.

Pe scurt, apariţia inteligenţei artificiale va fi fie cel mai bun, fie cel mai rău lucru care i se va întâmpla vreodată omenirii. Principalul risc al inteligenţei artificiale nu ţine atât de relele ei intenţii, cât de competenţele pe care le va putea dobândi. O inteligenţă artificială superinteligentă ar fi foarte bună în a-şi urmări scopurile, dar, dacă acele scopuri nu sunt aceleaşi cu ale noastre, atunci am dat de necaz. Probabil că nici dumneavoastră nu urâţi furnicile şi nu le călcaţi în picioare din plăcere, dar, dacă aţi dori să construiţi o uzină bazată pe energie verde într-o zonă în care ar exista un muşuroi de furnici şi pentru asta ar trebui să distrugeţi muşuroiul, atunci ghinion pentru furnici! Să nu aducem omenirea în situaţia acelor furnici. Ar trebui să planificăm lucrurile din timp. Dacă o civilizaţie extraterestră superioară ne-ar trimite un mesaj spunându-ne că vor veni în câteva decenii, oare ar trebui să le răspundem „În regulă, daţi-ne un semn când ajungeţi!” şi să îi aşteptăm cu luminile aprinse? Probabil că nu, şi totuşi o situaţie similară se întâmplă în ceea ce priveşte inteligenţa artificială. Până acum, cu excepţia unor mici institute nonprofit, nimeni nu a cercetat serios această problemă.

Din fericire, lucrurile se schimbă. Pionieri într-ale tehnologiei precum Bill Gates, Steve Wozniak sau Elon

Musk îmi împărtăşesc îngrijorarea, şi o nouă cultură e pe cale să se nască în comunitatea inteligenţei artificiale, o cultură bazată pe identificarea corectă a riscurilor, pe creşterea gradului de conştientizare a pericolelor şi a implicaţiilor sociale ale noilor tehnologii. În ianuarie 2015, alături de Elon Musk şi de alţi experţi în inteligenţa artificială, am semnat o scrisoare deschisă cu privire la inteligenţa artificială, îndemnând la desfăşurarea unor cercetări serioase în legătură cu impactul ei asupra societăţii. În trecut, Elon Musk a avertizat asupra faptului că inteligenţa artificială superinteligentă are potenţialul de a aduce beneficii incalculabile omenirii, dar, dacă va fi folosită imprudent, va avea un efect advers asupra speciei umane. Alături de el, fac parte din consiliul consultativ al Future of Life Institute, o organizaţie care luptă pentru a diminua riscurile existenţiale ale omenirii şi care a redactat scrisoarea deschisă. Aceasta îndemna la demararea unor cercetări cu privire la cum am putea preveni potenţialele probleme, dar şi cum am putea conserva avantajele pe care inteligenţa artificială le-ar avea de oferit, şi îşi propune să-i îndemne pe cercetători şi pe dezvoltatori să acorde mai multă atenţie chestiunilor legate de securitatea inteligenţei artificiale. Pentru decidenţii politici şi pentru publicul general, scrisoarea trebuia să fie informativă, nu

alarmistă. Credem că este important ca toată lumea să ştie că cercetătorii din domeniu se gândesc foarte serios la riscuri şi la chestiunile etice. De exemplu, la faptul că inteligenţa artificială are potenţialul de a eradica boala şi sărăcia, dar cercetătorii vor trebui să lucreze la moduri de a o controla.

De asemenea, în octombrie 2016 am inaugurat un nou centru la Cambridge, care va încerca să găsească răspuns la unele dintre întrebările deschise pe care le ridică dezvoltarea rapidă a cercetărilor referitoare la inteligenţa artificială. Centrul Leverhulme pentru Viitorul Inteligenţei este un institut multidisciplinar dedicat cercetării inteligenţei privite ca un element crucial pentru viitorul civilizaţiei şi speciei noastre. Petrecem foarte mult timp studiind istorie, care, ca să fim cinstiţi, este mai degrabă o istorie a stupidităţii. Astfel, e o schimbare bine-venită faptul că începem să studiem viitorul inteligenţei. Suntem conştienţi de pericole, dar poate cu ajutorul instrumentelor pe care ni le va pune la dispoziţie această revoluţie tehnologică vom putea îndrepta câteva dintre neajunsurile pe care le-am provocat naturii prin industrializare.

Dezvoltările recente din domeniul inteligenţei artificiale cer ca Parlamentul European să propună o serie de reguli pentru crearea de roboţi sau de inteligenţă artificială. Oarecum surprinzător, asta

presupune şi recunoaşterea unei forme de personalitate juridică electronică, care să includă drepturile şi responsabilităţile pentru inteligenţele artificiale cele mai competente şi mai avansate. Un membru din Parlamentul European a subliniat faptul că, pe măsură ce tot mai multe segmente ale vieţii noastre cotidiene sunt influenţate de roboţi, va trebui să ne asigurăm că roboţii sunt şi că vor continua să rămână în serviciul oamenilor. Un raport prezentat Parlamentului susţine că omenirea este în pragul unei noi revoluţii industriale, de data asta una robotică. Raportul îşi pune problema dacă este admisibil să considerăm că roboţii pot fi concepuţi ca persoane electronice şi dacă se poate pune problema juridică a unei persoane corporative. De asemenea sublinia faptul că toate proiectele susţinute de cercetători şi dezvoltatori în domeniul inteligenţei artificiale vor trebui să presupună doar designuri robotice care să aibă o opţiune de distrugere rapidă.

Asta nu i-a ajutat pe oamenii de ştiinţă de la bordul navei în care se afla Hal, robotul defect din filmul lui Stanley Kubrick *2001: O odisee spaţială,* dar acolo vorbim de ficţiune. Noi avem de-a face cu fapte. Lorna Brazell, consultant la firma multinaţională de avocatură Osborne Clarke, spune în raport că, din moment ce nu acordăm personalitate juridică gorilelor şi balenelor, nu

ar trebui să ne grăbim să o acordăm roboţilor. Raportul recunoaşte însă că în câteva decenii inteligenţa artificială ar putea depăşi capacitatea intelectuală umană, şi asta ar pune sub semnul întrebării relaţiile noastre cu roboţii.

Până în 2025, vor exista aproximativ 30 de megaoraşe, fiecare dintre ele având peste 10 milioane de locuitori. Dat fiind că toţi oamenii aceştia vor dori ca bunurile şi serviciile să le fie livrate cât mai rapid, ne putem întreba dacă va reuşi tehnologia să ţină pasul cu nevoia noastră de comerţ rapid? Cu siguranţă, roboţii vor face ca procesul de vânzare cu amănuntul să se desfăşoare tot mai rapid. Dar pentru a revoluţiona comerţul va trebui să poată livra fiecare comandă exact în ziua în care este primită.

Oportunităţile de a interacţiona cu lumea fără a fi nevoie să fim fizic prezenţi devin tot mai multe. După cum vă imaginaţi, găsesc atractivă această posibilitate, şi asta pentru că viaţa urbană este atât de încărcată pentru tot mai mulţi dintre noi. De câte ori nu v-aţi dorit să aveţi o dublură care să facă toată munca voastră? Crearea unor surogate digitale realiste ale noastre pare un vis cam prea ambiţios, însă tehnologiile cele mai avansate sugerează că ar putea să nu fie atât de departe pe cât am crede.

Când eram mai tânăr, dezvoltările tehnologice

păreau să trimită către un viitor în care ar exista mai mult timp liber. Dar, de fapt, cu cât putem face mai mult, cu atât mai ocupaţi devenim. Oraşele noastre sunt deja pline de maşini care extind capacităţile pe care le avem, dar cum ar fi dacă ne-am putea afla simultan în două locuri? Ne-am obişnuit cu vocile automate în cazul sistemelor telefonice şi al anunţurilor publice. Inventatorul Daniel Kraft studiază acum modul în care ne-am putea replica vizual. Întrebarea este însă cât de convingător ar putea fi un avatar.

Tutorii interactivi s-ar putea dovedi utili pentru cursurile deschise on-line şi pentru distracţie. Ar putea fi cu adevărat captivant – actori digitali care ar putea rămâne veşnic tineri şi care ar putea juca roluri ce altminteri le-ar fi inaccesibile. Viitorii noştri idoli ar putea să nu fie nici măcar reali.

Felul în care ne conectăm cu lumea digitală este cheia progreselor pe care le vom face în viitor. În cele mai inteligente oraşe, cele mai inteligente locuinţe vor fi echipate cu dispozitive care vor fi atât de uşor de manevrat, încât vom interacţiona cu ele aproape fără niciun efort.

De ce suntem atât de îngrijoraţi cu privire la inteligenţa artificială? Vor fi oamenii în stare mereu să o scoată din priză la timp?

Oamenii au întrebat un computer: „Există Dumnezeu?” „Există acum“, a răspuns computerul, distrugând priza.

Inventarea maşinii de scris a dus la o eliberare în ceea ce priveşte modul în care interacţionăm cu maşinile. Aproape 150 de ani mai târziu, ecranele inteligente au produs noi moduri de a interacţiona cu lumea digitală. Pragurile recente care au fost depăşite în domeniul inteligenţei artificiale, cum ar fi maşinile autonome sau computerul care a învins cei mai buni jucători din lume la jocul de Go, sunt indicii a ceea ce va urma. Sume enorme sunt investite în aceste tehnologii, care reprezintă deja o parte semnificativă a vieţii noastre. În viitor, aceste tehnologii vor pătrunde în toate domeniile existenţei umane, consiliindu-ne şi ajutându-ne într-o manieră inteligentă în nenumărate domenii, inclusiv în sănătate, muncă, educaţie şi ştiinţă. Ceea ce am văzut până acum cu siguranţă va păli în comparaţie cu ceea ce vor aduce deceniile următoare, şi nici măcar nu putem prevedea ce vom reuşi să obţinem atunci când minţile ne vor fi augmentate de inteligenţa artificială.

Poate că uneltele aduse de această revoluţie tehnologică vor putea face mai bună viaţa oamenilor. De exemplu, cercetătorii dezvoltă acum inteligenţă artificială care va vindeca simptomele celor cu leziuni

ale măduvei spinării. Prin intermediul unor cipuri de siliciu şi a unor interfeţe electronice *wireless* între creier şi corp, tehnologia va ajuta oamenii să-şi controleze mişcările cu ajutorul gândurilor.

Cred că în viitor comunicarea va fi legată de interfeţele creier-computer. Există două căi: fie electrozi introduşi în craniu, fie implanturi. Prima e ca şi cum am privi printr-un geam acoperit cu gheaţă, cealaltă metodă este mai bună, dar presupune riscul infecţiei. Dacă vom putea conecta un creier la Internet, va avea o enciclopedie precum Wikipedia ca resursă.

Lumea se schimbă tot mai rapid pe măsură ce oamenii, dispozitivele şi informaţia devin tot mai strâns conectate. Puterea computaţională creşte, iar tehnologiile cu computaţie cuantică sunt dezvoltate cu rapiditate. Asta va revoluţiona inteligenţa artificială, care va beneficia de viteze ce vor creşte la rate exponenţiale. Tehnicile de encriptare vor deveni tot mai avansate. Computerele cuantice vor schimba totul, chiar şi biologia umană. Există deja o tehnică precisă de editare a ADN-ului, şi anume CRISPR. Baza acestei tehnici de editare genomică este un sistem bacterian de apărare. Tehnica permite localizarea cu acurateţe şi editarea anumitor secvenţe de ADN. Cele mai bune intenţii ale editării genetice se leagă de posibilitatea dată specialiştilor de a corecta cauzele genetice ale

bolilor prin corectarea mutaţiilor. Există însă şi posibilităţi mai puţin nobile care sunt deschise prin manipularea genetică. Cât de departe vom putea merge cu ingineria genetică va deveni o întrebare tot mai apăsătoare. Nu putem privi spre posibilitatea de a vindeca boli ale neuronilor motori – precum scleroza laterală amiotrofică, de care sufăr eu – fără a vedea simultan şi pericolele.

Inteligenţa se defineşte prin capacitatea de a te adapta la schimbare. Inteligenţa umană este rezultatul a generaţii întregi de selecţie naturală a indivizilor celor mai apţi să se adapteze la diferite circumstanţe. Nu trebuie să ne temem de schimbare. Va trebui doar să o folosim în avantajul nostru.

Avem cu toţii un rol de jucat pentru a ne asigura că atât noi, cât şi generaţiile viitoare vom avea nu numai oportunitatea, ci şi hotărârea de a ne angaja de timpuriu în studiul ştiinţei, astfel încât să continuăm să ne împlinim potenţialul şi să creăm o lume mai bună pentru întreaga specie umană. E necesar să ducem discuţia cu privire la felul în care va trebui să fie inteligenţa artificială dincolo de nivelul pur teoretic şi să planificăm modurile în care va trebui efectiv să fie. Avem cu toţii posibilitatea de a împinge graniţele a ceea ce este acceptabil, sau de aşteptat, şi de a gândi la scară mare. Ne aflăm în pragul unei minunate lumi noi.

E un loc captivant, chiar dacă periculos, iar noi suntem întemeietorii lui.

Descoperirea focului ne-a adus o mulţime de probleme, iar apoi a trebuit să inventăm extinctorul. Având la dispoziţie tehnologii mai puternice, cum sunt armele nucleare, biologia sintetică şi inteligenţa artificială dezvoltată, va trebui să planificăm şi să încercăm să facem lucrurile cum trebuie de la bun început, pentru că s-ar putea să avem o singură şansă. Viitorul nostru e o întrecere între puterea tot mai mare a tehnologiei şi înţelepciunea necesară pentru a o folosi. Să ne asigurăm că înţelepciunea va învinge.

10. Cum modelăm viitorul?

Cu un secol în urmă, Albert Einstein revoluţiona felul în care priveam spaţiul, timpul, energia şi materia. Găsim încă multe confirmări minunate ale teoriilor sale, de exemplu undele gravitaţionale observate în 2016 în experimentul LIGO. Când vorbesc despre ingenuitate, Einstein e primul nume care îmi vine în minte. De unde au venit ideile sale ingenioase? Un amestec de calităţi, probabil: intuiţie, originalitate, inteligenţă. Einstein avea abilitatea de a privi dincolo de suprafaţa lucrurilor şi de a scoate la iveală structura fundamentală a acestora. Nu era deloc influenţat de

simţul comun, de ideea că lucrurile trebuie să fie exact cum par. Avea curajul de a urmări idei care li se păreau absurde celorlalţi. Iar toate astea l-au eliberat şi i-au permis să fie ingenios, o figură genială a acelor vremuri şi a oricăror altor vremi.

Un element-cheie în cazul lui Einstein era imaginaţia sa. Multe dintre descoperirile sale au la bază capacitatea de a-şi reimagina universul prin intermediul unor experimente mentale. La vârsta de 16 ani, atunci când şi-a imaginat cum ar fi dacă ar călători pe o rază de lumină, şi-a dat seama că, din punctul lui de vedere, aceasta ar apărea ca un val îngheţat. Acea imagine a dus în cele din urmă la teoria specială a relativităţii.

O sută de ani mai târziu, fizicienii ştiu cu mult mai mult despre univers decât ştia Einstein. Acum avem la dispoziţie instrumente mult mai performante cu care să ne efectuăm cercetările, precum acceleratoarele de particule, supercomputerele, telescoapele spaţiale sau experimente precum cele care au detectat undele gravitaţionale în laboratoarele LIGO. Cu toate astea, imaginaţia rămâne cel mai puternic atribut al nostru. Cu ajutorul ei, putem călători oriunde în spaţiu şi timp. Putem fi martorii celor mai exotice fenomene din natură în vreme ce conducem maşina, lenevim în pat sau ne prefacem că ascultăm vreun tip plictisitor la o

petrecere.

Pe când eram doar un băieţel, eram pasionat de felul în care funcţionau obiectele. Pe atunci, cel mai simplu era să dezasamblezi ceva şi să vezi cum funcţionează. Nu reuşeam întotdeauna să reasamblez jucăriile pe care le desfăceam în bucăţi, dar cred că am învăţat mai multe decât ar face-o un copil de azi dacă ar încerca aceleaşi lucruri folosind un telefon inteligent.

Şi acum sarcina mea este să-mi dau seama cum anume funcţionează totul, numai că scara la care fac acest lucru s-a schimbat. Nu mai distrug trenuleţe de jucărie. Încerc, în schimb, să înţeleg cum anume funcţionează universul, folosind legile fizicii. Dacă ştii cum funcţionează un anumit lucru, atunci îl poţi controla. Ce simplu sună când o spun aşa! Dar este de fapt o sarcină complexă şi captivantă, care m-a fascinat şi m-a pasionat întreaga viaţă. Am lucrat cu câţiva dintre cei mai mari oameni de ştiinţă ai lumii. Am avut norocul să trăiesc într-o perioadă de glorie a domeniului de studiu pe care l-am ales – cosmologia, căutarea originilor universului.

Mintea umană e cu adevărat incredibilă. Poate desluşi magnificul cerurilor, dar şi complexitatea celor mai mici componente ale naturii. Totuşi, este nevoie de o scânteie pentru ca fiecare minte să-şi atingă potenţialul: scânteia curiozităţii şi a mirării.

Adeseori, această scânteie vine de obicei de la un profesor. Daţi-mi voie să explic. Eu nu am fost cel mai comod elev. Am învăţat greu să citesc, şi scrisul meu de mână era foarte urât. Dar, pe când aveam paisprezece ani, profesorul meu de la şcoala din St. Albans, Dikran Tahta, mi-a arătat cum să-mi folosesc corect calităţile şi m-a încurajat să gândesc creativ matematica. Mi-a arătat că ea e cheia înţelegerii universului. Dacă priveşti orice om de succes, vei vedea că în spatele lui stă un profesor excepţional. De fiecare dată când ne gândim la ce anume am putea realiza în viaţă, ne dăm seama că acele realizări i se datorează unui profesor.

Cu toate astea, educaţia, ştiinţa şi cercetarea tehnologică se află azi în pericol mai mult decât oricând. Din pricina recentei crize financiare globale şi a măsurilor de austeritate, bugetele dedicate ştiinţei au fost peste tot reduse semnificativ, iar ştiinţele fundamentale au fost în special afectate. Există de asemenea pericolul de a deveni insulari sau izolaţi din punct de vedere cultural şi de a ne îndepărta tot mai mult de sursa progresului. Când vorbim despre cercetare, schimbul de specialişti între diferite state permite ideilor să circule mai repede şi oamenilor din medii culturale diverse, cu diferite idei, să se întâlnească mai uşor. Asta ajută cu siguranţă la realizarea progresului, şi e important pentru că

progresul va fi mai dificil acum. Din nefericire, nu putem da timpul înapoi. Odată cu Brexitul şi cu Trump, avem de-a face cu forţe noi care acţionează în domeniul imigraţiei şi în cel educaţional, astfel încât putem spune că asistăm la o revoltă globală împotriva experţilor, numărându-i aici inclusiv pe oamenii de ştiinţă.

Aşadar ce trebuie să facem pentru a asigura viitorul educaţiei ştiinţifice şi tehnologice?

Revin la profesorul meu, domnul Tahta. Baza pentru viitorul educaţiei se leagă de existenţa şcolilor şi a profesorilor care pot inspira elevilor pasiunea pentru învăţare. Dar şcolile nu pot oferi decât o educaţie minimală, în care învăţarea prin simplă memorare, ecuaţiile şi testele pot îndepărta copiii de ştiinţă. Cei mai mulţi oameni răspund mai degrabă la o educaţie calitativă decât la una cantitativă, fără să fie nevoie de ecuaţii complicate. Cărţile şi articolele de popularizare pot aduce la un loc idei cu privire la modul în care trăim. Cu toate astea, doar un foarte mic procent din populaţie citeşte chiar şi cărţile care se bucură de cel mai mare succes. Documentarele şi filmele despre ştiinţă ajung de obicei la un public numeros, dar asta e o cale de comunicare unidirecţională.

În anii ’60, când mi-am început activitatea în domeniul meu de cercetare, cosmologia era o ramură a

ştiinţei obscură şi stranie. Astăzi, prin intermediul muncii teoretice şi a triumfurilor experimentale precum LHC sau descoperirea bosonului Higgs, cosmologia ne-a deschis universul. Există în continuare întrebări importante cărora trebuie să le răspundem, şi mai avem mult de muncă. Dar ştim mai multe şi am aflat mai multe într-o perioadă foarte scurtă decât şi-ar fi imaginat vreodată cineva.

Ce-i aşteaptă însă pe cei care sunt tineri acum? Pot spune cu încredere absolută că viitorul lor va depinde de ştiinţă şi tehnologie mai mult decât în cazul tuturor generaţiilor anterioare. Ei vor trebui să fie la curent cu ce se întâmplă în ştiinţă mai mult decât oricând, pentru că ea va face parte din viaţa lor în moduri fără precedent.

Fără a exagera, putem spune că există provocări pe care le vedem şi probleme despre care ştim că trebuie abordate acum, dar şi în viitor. Printre acestea amintesc încălzirea globală, găsirea de spaţiu şi resurse pentru a face faţă creşterii fără precedent a populaţiei lumii, extincţia rapidă a altor specii, nevoia de a dezvolta energii regenerabile, degradarea oceanelor, defrişările, epidemiile – pentru a numi doar câteva dintre ele.

Trebuie menţionate de asemenea marile invenţii care, în viitor, vor revoluţiona modurile în care trăim, muncim, lucrăm, comunicăm sau călătorim. Există

atâtea posibilităţi de inovare în fiecare domeniu. Este pasionant. Am putea ajunge să extragem prin minerit metale rare de pe Lună, să stabilim baze pe Marte sau să găsim tratament pentru boli care sunt actualmente fără speranţă. Marile întrebări sunt în continuare fără răspuns. Cum a apărut viaţa pe Pământ? Ce este conştiinţa? Mai există cineva în univers, sau suntem singuri? Iată întrebări la care generaţiile viitoare vor avea de răspuns.

Sunt oameni care cred că omenirea se află astăzi la apogeul evoluţiei şi că lucrurile nu vor deveni mai bune decât atât. Nu sunt de acord. Trebuie că există ceva special cu privire la condiţiile de graniţă ale universului – şi ce poate fi mai special decât faptul că nu există graniţe? Şi nu, nu ar trebui să existe graniţe ale aventurii umane. Există două opţiuni cu privire la viitorul omenirii aşa cum îl văd eu: în primul rând, explorarea spaţiului pentru descoperirea altor planete pe care să locuim, şi apoi utilizarea pozitivă a inteligenţei artificiale pentru a ne îmbunătăţi lumea.

Pământul a devenit prea mic pentru noi. Resursele fizice dispar cu o viteză alarmantă. Omenirea a făcut planetei noastre daruri teribile precum schimbările climatice, poluarea, încălzirea globală, topirea calotelor glaciare, defrişările şi extincţia speciilor animale. Populaţia creşte, la rândul ei, cu o viteză ameţitoare.

Date fiind aceste fenomene, devine clar că populaţia lumii nu poate continua să crească la aceeaşi rată în mileniul următor.

Un alt motiv pentru care ar trebui să luăm în calcul colonizarea altor planete este posibilitatea unui război nuclear. Există o teorie care susţine că motivul pentru care nu am fost contactaţi până acum de o civilizaţie extraterestră este acela că, atunci când ajunge la gradul nostru de dezvoltare, orice civilizaţie devine instabilă şi se autodistruge. Avem în acest moment capacitatea tehnologică de a distruge orice formă de viaţă de pe Pământ. După cum am văzut urmărind evenimentele recente din Coreea de Nord, este un gând care ar trebui să ne ţină vigilenţi şi preocupaţi.

Cred că putem evita acest potenţial Armaghedon, iar una dintre cele mai bune căi prin care o putem face este să cercetăm potenţialul altor planete de a adăposti viaţa.

Un al doilea fenomen care va avea impact asupra viitorului omenirii este dezvoltarea inteligenţei artificiale.

În domeniul inteligenţei artificiale se fac acum progrese rapide. Recent, au fost atinse borne importante precum maşinile autonome, computerul care a învins cei mai buni jucători din lume la Go, asistenţi digitali personali precum Siri, Google Now

sau Cortana, toate fiind dovezi ale cursei înarmărilor din domeniul inteligenţei artificiale, cursă finanţată cu sume tot mai consistente şi susţinută de cunoştinţe teoretice tot mai solide. Aceste realizări vor păli probabil dinaintea celor ce vor fi obţinute în deceniile următoare.

Ce idee, mare sau mică, cu capacitatea de a schimba lumea ai vrea să vezi implementată în viitor?

E o întrebare uşoară. Aş vrea să văd dezvoltarea energiei de fuziune, care să ne pună la dispoziţie o cantitate nelimitată de energie nepoluantă, şi, de asemenea, trecerea la utilizarea exclusivă a maşinilor electrice. Fuziunea nucleară ne-ar putea oferi o cantitate practic nelimitată de energie, fără poluare şi fără încălzire globală.

Dar apariţia unei inteligenţe artificiale superinteligente va fi ori cel mai bun, ori cel mai rău lucru care se va fi întâmplat vreodată omenirii. Nu putem şti dacă inteligenţa artificială ne va ajuta le nesfârşit, dacă ne va ignora, ne va înlătura sau ne va distruge. Fiind un optimist, eu cred că putem crea inteligenţă artificială care să funcţioneze spre binele omenirii, care să poată exista în armonie cu noi. Trebuie doar să fim conştienţi de pericole, să le identificăm şi să găsim apoi cele mai bune practici şi căi

de a le anihila, şi, de asemenea, să ne pregătim să întâmpinăm consecinţele.

Tehnologia a avut un impact uriaş asupra vieţii mele. Vorbesc prin intermediul unui computer. Am beneficiat de asistenţă tehnologică pentru a primi vocea pe care boala mi-o luase. Am avut noroc că mi-am pierdut vocea chiar la începutul epocii computerelor. Intel m-a ajutat vreme de douăzeci şi cinci de ani, permiţându-mi să fac toate lucrurile pe care le iubesc zi de zi. În decursul acestei perioade, tehnologiile şi impactul lor asupra lumii s-au schimbat spectaculos. Ele au modificat felul în care ne trăim vieţile, de la mijloacele de comunicare până la cercetările din genetică şi la modurile în care avem acces la informaţie şi multe, multe altele. Pe măsură ce tehnologiile au devenit mai inteligente, au deschis căi către posibilităţi pe care nu le prevedeam. Tehnologiile care sunt dezvoltate acum pentru a sprijini oamenii cu dizabilităţi sunt printre cele mai importante moduri în care sunt înlăturate barierele de comunicare ce ne stăteau cândva în cale. E un teren pe care pot fi testate tehnologiile viitorului. Translatori voce-text, text-voce, automatizarea locuinţei, *drive-by-wire,* chiar şi Segway, toate sunt tehnologii care au fost dezvoltate pentru oamenii cu dizabilităţi, cu mulţi ani înainte să ajungă să fie folosite pe scară largă. Toate aceste inovaţii

tehnologice se datorează scânteii care arde în interiorul nostru, forţei noastre creative. Această creativitate poate lua multe forme, de la realizările teoretice la cele fizice.

Atât de multe sunt însă pe cale să prindă contur. Interfeţele creier-computer – folosite din ce în ce mai mult – vor deveni moduri de comunicare mai rapide şi mai expresive. Folosesc Facebook – şi asta îmi permite să vorbesc cu prietenii şi cu admiratorii mei din toată lumea, astfel încât ei pot fi la curent cu noile mele teorii şi pot vedea fotografiile mele de prin excursii. Mai înseamnă şi că pot vedea exact ce fac copiii mei, şi nu ceea ce-mi spun ei că fac.

Aşa cum Internetul, telefoanele noastre mobile, imagistica medicală, navigarea prin satelit sau reţelele sociale ar fi fost de neimaginat cu câteva generaţii în urmă, lumea începe să se transforme în moduri pe care abia începem să le înţelegem. Informaţia nu ne va duce acolo de una singură, dar utilizarea ei inteligentă şi creativă o poate face.

Sunt atât de multe lucruri ce ne aşteaptă în viitor, şi sper ca acest gând să inspire elevii de pretutindeni. Dar va trebui să ne asigurăm că această generaţie de copii nu va avea doar posibilitatea, ci şi dorinţa de a studia ştiinţa de mici, astfel încât să-şi poată împlini potenţialul şi să poată construi o lume mai bună pentru

întreaga specie. Cred că viitorul educaţiei şi învăţării ţine de Internet. Oamenii îşi pot răspunde unii altora şi interacţiona. Într-un anume sens, oamenii vor fi conectaţi asemenea neuronilor într-un creier gigantic. Şi, cu un asemenea IQ, cum ar putea exista ceva pe care să nu-l putem realiza?

Pe când eram copil, era încă acceptabil – nu pentru mine, ci în general, la nivelul societăţii – să declari că nu eşti interesat de ştiinţă, şi existau oameni care nu înţelegeau de ce şi-ar bate capul cu aşa ceva. Lucrurile s-au schimbat. Daţi-mi voie să vă explic. Nu vreau să spun că toţi oamenii trebuie să devină savanţi. Nici nu văd asta ca fiind o situaţie ideală, pentru că omenirea are nevoie de abilităţi foarte diverse. Dar susţin faptul că toţi tinerii ar trebui să cunoască şi să stăpânească subiectele ştiinţifice, indiferent cu ce s-ar ocupa. Trebuie să fie alfabetizaţi ştiinţific şi să se arate interesaţi de progresele făcute în ştiinţă şi tehnologie pentru a putea să înveţe mai multe.

O lume în care doar o elită minusculă poate înţelege ştiinţa avansată şi tehnologia va fi, după părerea mea, o lume periculoasă şi limitată. Mă îndoiesc că proiectele strategice benefice pe termen lung, cum ar fi curăţarea oceanelor sau vindecarea bolilor, vor avea prioritate. Ar putea fi şi mai rău, am putea descoperi că tehnologiile sunt folosite împotriva noastră şi că nu

avem puterea de a le opri.

Nu cred în graniţe nici în ceea ce priveşte lucrurile pe care le putem obţine în viaţa personală şi nici în ceea ce priveşte posibilităţile omenirii şi ale inteligenţei ei. Suntem pe punctul de a face descoperiri cruciale în toate domeniile ştiinţei. Fără îndoială, lumea noastră se va schimba spectaculos în următorii cincizeci de ani. Vom descoperi ce s-a întâmplat la big bang. Vom ajunge să înţelegem cum a apărut viaţa pe Pământ. S-ar putea chiar să aflăm dacă mai există viaţă şi în alte părţi din univers. Chiar dacă şansele de a comunica cu o specie extraterestră inteligentă sunt mici, asta nu înseamnă că ar trebui să nu mai încercăm. Vom explora habitatul cosmic, trimiţând în spaţiu roboţi şi oameni. Nu putem continua să privim doar către noi, locuitorii unei planete minuscule, tot mai poluate şi mai populate. Prin cercetare ştiinţifică şi inovaţie tehnologică va trebui să privim în exterior, către univers, în acelaşi timp în care rezolvăm şi problemele de pe Pământ. Şi sunt optimist că vom reuşi să creăm habitate adecvate pentru omenire pe alte planete. Vom depăşi viaţa pe Pământ şi vom învăţa să trăim în spaţiu.

Acesta nu va fi sfârşitul poveştii, ci începutul a ceea ce sperăm să fie o perioadă de miliarde de ani de prosperitate în spaţiu.

Încă ceva: nu putem şti de unde va veni următoarea descoperire ştiinţifică şi nici cine o va face. A ne deschide către bucuria şi fascinaţia descoperirii, a deschide căi noi şi accesibile către partea cea mai tânără a publicului, toate acestea vor creşte şansele de a-l găsi şi de a-l inspira pe noul Einstein. Oriunde s-ar afla.

Aşadar, aminteşte-ţi să priveşti către stele, şi nu în pământ. Încearcă să înţelegi ceea ce vezi şi să te întrebi de ce există universul. Fii curios. Şi nu uita că, oricât ar fi de grea, în viaţă există întotdeauna ceva la care să fii bun. Important e să nu renunţi. Eliberează-ţi imaginaţia. Dă formă viitorului!

Postfaţă

de Lucy Hawking

Prin aerul gri şi încărcat al unei zile de primăvară, la Cambridge, am pornit cu un cortegiu de maşini negre către biserica St. Mary, capela universitară unde, prin tradiţie, sunt înhumate marile personalităţi academice. În afara anului universitar, străzile par pustii. La fel şi Cambridge-ul, nu se vede nici măcar un singur turist. Singurele fărâme de culoare vin dinspre girofarurile albastre ale poliţiştilor pe motociclete care escortează sicriul tatălui meu, degajând traficul răsfirat pe măsură ce înaintăm.

Apoi, am luat-o la stânga. Şi atunci am văzut mulţimea, adunată pe marginea uneia dintre cele mai cunoscute străzi din lume, King's Parade, inima Cambridge-ului. N-am văzut niciodată atâţia oameni tăcuţi. Cu bannere, steaguri, aparate de fotografiat şi telefoane mobile ridicate deasupra capetelor, mulţimea imensă stătea respectuos, în vreme ce portarul-şef de la Gonville & Caius, colegiul de la Cambridge al tatălui meu, îmbrăcat ceremonios cu o pălărie de melon şi purtând un baston de fildeş, păşea solemn în întâmpinarea dricului, alături de care avea să meargă până la biserică.

Mătuşa mea m-a strâns de mână, şi amândouă am izbucnit în lacrimi. „Cred că i-ar fi plăcut asta", mi-a şoptit ea.

De când tata a murit, mă gândesc că sunt atâtea lucruri pe care le-ar fi iubit, atâtea lucruri pe care aş fi vrut să le vadă. Aş fi vrut să vadă extraordinara revărsare de afecţiune dinspre toate colţurile lumii. Aş fi vrut să vadă câte milioane de oameni pe care nu îi întâlnise niciodată îl iubeau şi îl respectau. Aş fi vrut să vadă cum i se rezervase un loc la Westminster Abbey, între cei doi idoli din lumea ştiinţei pe care îi avusese, Isaac Newton şi Charles Darwin, şi cum, în momentul în care a fost coborât în mormânt, vocea lui avea să fie transmisă cu un radiotelescop către miezul unei găuri

negre.

Dar tata s-ar fi întrebat cu siguranţă ce e cu toată agitaţia. Era un om extrem de modest, care, deşi iubea să fie în centrul atenţiei, nu înţelegea de ce se bucură de toată acea faimă. O expresie din această carte mi se pare potrivită pentru a-i rezuma modestia: „dacă am adus vreo contribuţie". E singurul om de pe pământ care ar fi pus un „dacă" în această propoziţie. Cred că toţi ceilalţi simt că a făcut-o.

Şi ce mai contribuţie a adus! Nu numai impresionanta grandoare a muncii în cosmologie prin care a explorat structura şi originea universului, dar şi curajul şi umorul cu care a înfruntat diferitele provocări ale sorţii. A găsit o cale de a explora dincolo de graniţele cunoaşterii în timp ce depăşea graniţele suportabilităţii umane. Cred că tocmai această combinaţie l-a transformat într-un simbol, dar unul atât de la îndemână, de accesibil. A suferit mult, dar nu s-a dat bătut. Îi era greu să comunice – dar a făcut acest efort, adaptându-şi în permanenţă echipamentul pe măsură ce îşi pierdea mobilitatea. Îşi alegea cuvintele cu mare exactitate pentru a avea impact când erau rostite cu acea voce electronică care devenise expresivă într-un mod atât de straniu. Atunci când vorbea, oamenii ascultau, indiferent dacă îşi exprima părerea despre serviciul public de sănătate sau despre

expansiunea universului, fără a pierde vreodată prilejul de a strecura câte o glumă, pe un ton mucalit, dar cu o sclipire şugubeaţă în ochi.

Tata a fost, de asemenea, un familist, lucru necunoscut pentru cei mai mulţi până când a apărut filmul *The Theory of Everything,* în 2014. Cu siguranţă, nu era ceva obişnuit în anii 70 ai secolului trecut să găseşti un om cu handicap care să aibă o soţie şi copii şi un asemenea simţ al autonomiei şi independenţei. Pe când eram copil, îmi displăcea profund felul în care străinii se opreau să ne privească, uneori cu gura căscată, în vreme ce tatăl meu îşi pilota scaunul cu rotile prin Cambridge, uneori la viteze ameţitoare, urmat de doi copii blonzi care alergau alături, încercând uneori să lingă o îngheţată în timp ce fugeau. Mi se părea incredibil de nepoliticos. Uneori încercam să mă holbez şi eu înapoi, dar nu cred că indignarea mea era recepţionată ca atare, mai ales că venea de la un copil cu faţa plină de ciocolată.

Oricum ai privi lucrurile, nu a fost o copilărie obişnuită. Ştiam şi, în acelaşi timp, nu ştiam acest lucru. Mi se părea absolut firesc ca un copil să pună adulţilor tot felul de întrebări, pentru că aşa procedam acasă. Cam în acea perioadă am făcut să plângă un vicar, examinând îndeaproape dovezile pe care le aducea în favoarea existenţei lui Dumnezeu, şi tot atunci mi-a

trecut prima oară prin cap că, poate, felul în care procedam nu era chiar des întâlnit.

Pe când eram copil, nu consideram că sunt o fire iscoditoare. Aşa îl consideram pe fratele meu mai mare, care, ca mai toţi fraţii mai mari, mă depăşea în toate privinţele (şi încă o face). Îmi amintesc de o excursie în familie care, ca multe alte excursii din familia noastră, coincidea în chip misterios cu o conferinţă de fizică la mare distanţă. Am participat împreună cu fratele meu la câteva întâlniri – probabil pentru a-i da mamei o pauză de la îndatoririle ei sufocante. Pe atunci, conferinţele de fizică nu erau foarte populare şi, cu siguranţă, nu erau pentru copii. Stăteam cuminţică într-un colţ, mâzgălind ceva într-un carneţel, când, la un moment dat, fratele meu şi-a ridicat braţul uscăţiv şi i-a pus o întrebare distinsului universitar care susţinea prelegerea, în vreme ce tata radia de mândrie.

Sunt întrebată adesea: „Cum este să fii fiica lui Stephen Hawking?" Desigur, nu există răspuns simplu la întrebarea asta. Pot să vă spun că momentele bune au fost foarte bune, cele rele au fost intense şi că între ele exista ceva ce noi numeam „normalul... pentru noi", o formă de a accepta la maturitate că nimeni nu ar înţelege normalitatea în felul în care o vedeam noi. Pe măsură ce timpul alina suferinţa brută, mi-am dat seama că ar fi putut dura o veşnicie pentru a-mi

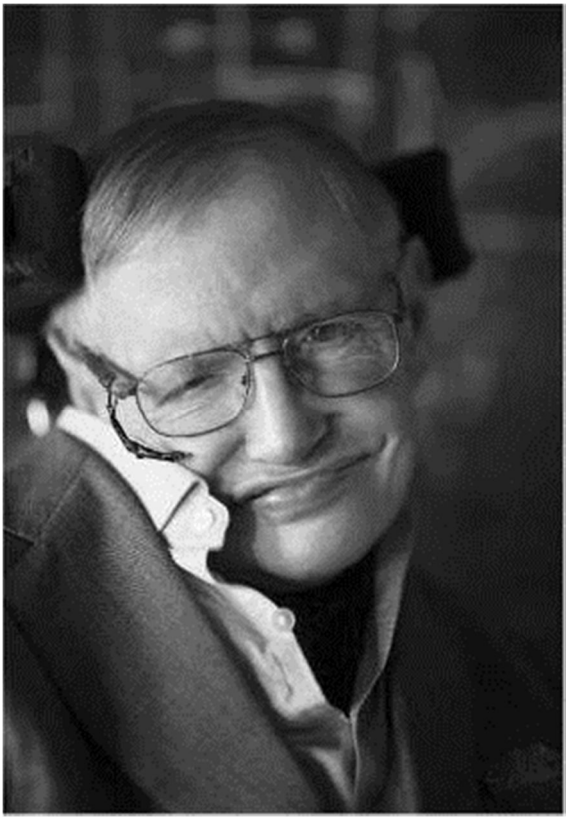
înţelege toate experienţele. Într-un anumit sens, nici nu sunt foarte sigură că vreau asta. Uneori, nu vreau să mă gândesc decât la ceea ce mi-a spus tata, şi anume că am fost o fiică minunată şi că nu ar trebui să-mi fie teamă de nimic. Nu voi fi niciodată la fel de curajoasă ca el – nu sunt din fire un om foarte curajos –, dar mi-a arătat cum aş putea să încerc. Şi că încercarea se poate dovedi partea cea mai importantă a curajului.

Tata nu s-a dat niciodată bătut, n-a abandonat niciodată lupta. La vârsta de 75 de ani, complet paralizat, putând să mişte doar câţiva muşchi faciali, se trezea în fiecare dimineaţă, îşi punea costumul şi mergea la lucru. Avea treabă de făcut şi nu avea de gând să lase câteva nimicuri să îl împiedice. Sunt convinsă că, dacă ar fi ştiut de poliţiştii pe motociclete prezenţi la înmormântarea lui, le-ar fi cerut să îl escorteze în fiecare dimineaţă prin trafic până în biroul lui de la Cambridge.

Din fericire, ştia despre această carte. A fost unul dintre proiectele la care lucra în ceea ce s-a dovedit a fi ultimul lui an pe Pământ. Ideea lui era să-şi strângă toate scrierile contemporane într-un singur volum. Aş fi vrut să vadă varianta finală, la fel cum aş fi vrut să vadă multe alte lucruri care s-au întâmplat de când a murit. Cred că ar fi fost mândru de această carte şi cred că ar fi trebuit să admită, în cele din urmă, că a adus o

contribuţie.

Iulie 2018



© credit Andre Pattenden

Mulţumiri

Familia lui Stephen Hawking ar vrea să le mulţumească lui Kip Thorne, Eddie Redmayne, Paul Davies, Seth Shostak, Dame Stéphanie Shirley, Tom Nabarro, Martin Rees, Malcolm Perry, Paul Shellard, Robert Kirby, Nick Davies, Kate Craigie, Chris Simms, Doug Abrams, Jennifer Hershey, Anne Speyer, Anthea

Bain, Jonathan Wood, Elizabeth Forrester, Yuri Milner, Thomas Hertog, Ma Hauteng, Ben Bowie şi Fay Dowker pentru ajutorul acordat în apariţia acestei cărţi.

Stephen Hawking era celebru pentru colaborările ştiinţifice şi creative desfăşurate în toată cariera sa, de la lucrul cu colegii la articole ştiinţifice care au reprezentat adevărate pietre de hotar, până la colaborările cu unii scenarişti, ca de exemplu cu echipa de la *Familia Simpson.* În ultimii ani din viaţă, Stephen a avut nevoie de tot mai mult ajutor de la cei din jur, atât tehnic, cât şi în ceea ce priveşte comunicarea. Familia ar vrea să le mulţumească tuturor celor care i-au permis lui Stephen să comunice cu lumea până la capăt.